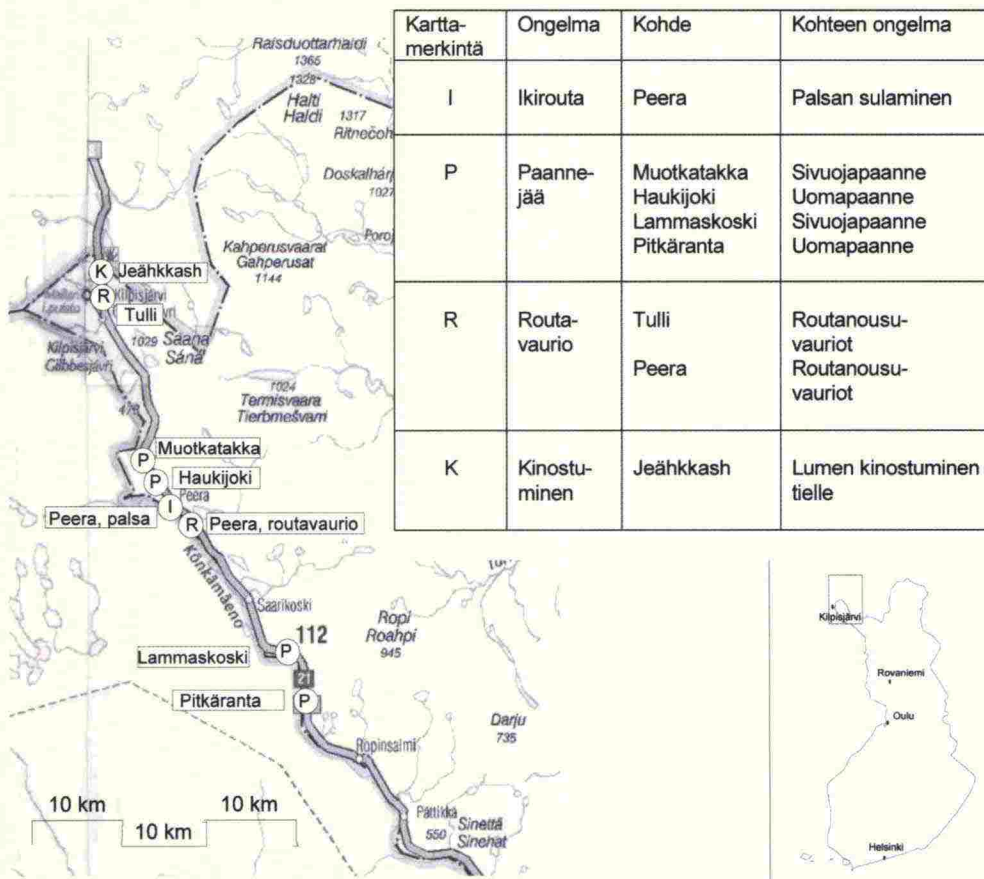


Seppo Saarelainen

# Arktinen tie-tutkimusohjelma 1985-1990

## Seuranta- ja loppuraportti

Tiehallinnon selvityksiä 21/2002



Seppo Saarelainen

# **Arktinen tie-tutkimusohjelma 1985-1990**

## **Seuranta- ja loppuraportti**

**Tiehallinnon selvityksiä 21/2002**



ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-895-5  
TIEH 3200753

Edita Prima Oy  
Helsinki 2002

Julkaisua saatavana:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
Telefaksi 0204 22 2652  
E-mail: [julkaisumyynti@tiehallinto.fi](mailto:julkaisumyynti@tiehallinto.fi)



TIEHALLINTO  
Tie- ja geotekniikka  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 0204 22 150

**SAARELAINEN, Seppo:** Arktinen tie-tutkimusohjelma 1985-1990. Seuranta- ja loppuraportti. Helsinki 2002. Tiehallinto, Lapin tiepiiri ja Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä /2002, 76 s. + liitt. 13 s.

**Asiasanat** tierakenne, routanousu, ikirouta, paannejää, kinostuminen, mitoitus

## TIIVISTELMÄ

Arktinen tie-tutkimusohjelmassa tehtiin vuosina 1986-87 koerakenteita valtatietä 21, Kilpisjärvellä erilaisten, kylmästä ilmastosta aiheutuneiden ongelmien vähentämiseksi ja poistamiseksi. Koerakenteita tehtiin routavaurioiden poistamiseksi, ikiroudan sulamispainumisen vähentämiseksi, kinostumisen vähentämiseksi ja paantamisen vähentämiseksi. Tässä raportissa on kuvattu Arktinen tie-tutkimusohjelmassa rakennettujen koerakenteiden tilaa ja käyttäytymistä rakentamisen jälkeen. Sen laadinnassa on käytetty 1990-luvulla tehtyjen seurantatutkimusten sekä vuosina 2000-2001 tehtyjen maastotarkastusten tuloksia. Todettiin, että routasuojauksen toiminta on ollut mitoituksen mukaista, ja koerakennettuja suojausmateriaaleja (moreeni, sora, kevytsora, paaliturve, paikallinen turve, polyuretaani, suulakepuristettu polystyreeni) voidaan käyttää tien routasuojauksessa, ainakin Kilpisjärven olosuhteissa. Ikiroudalle tehdyn palsarakenteen painuminen oli merkittävästi vähentynyt. Painumista voidaan edelleen vähentää päällystämällä tie palkan kohdalla vaaleasta kiviaineksesta tehdyllä päällysteellä. Kinostumisen havaittiin vähentyneen merkittävästi koerakenteella. Paantamista ei havaittu koerakenteiden toteuttamisen jälkeen. Hankkeessa syntynyt menetelmätieto olisi siirrettävä suunnitteluohjeistukseen.

**SAARELAINEN, Seppo: Arctic Road-Research Program 1985-1990. Final Report.** Helsinki 2002. Finnish Road Administration, District of Lapland and Central Administration. Reports /2002, 76 p. + app. 13 p.

**Key words** Pavement structure, frost heave, permafrost, nailed, snow accumulation, design

## ABSTRACT

In the Arctic Road research program, experimental construction was carried out on the Main Road 21 in Kilpisjärvi, Northern Finland in the years of 1986-87. The aim was to reduce or mitigate various problems caused by cold climate. The themes of test construction were as follows:

- control of frost-heave damage
- reduction of thaw-settlements of a road on permafrost
- reduction of snow accumulation on the pavement
- control of icing on the pavement.

The current state and behaviour of the experimental structures after construction is illustrated in this report. It is based on the results from monitoring and investigations in 1990'ies, and site inspections in the years of 2000-2001. According to the experience gained, frost protections had functioned according to the design, and the tested materials (coarse till, gravel, LECA-gravel, packed peat, local peat, locally foamed polyurethane, extruded polystyrene) can be used in the frost protection of road pavements, at least in the conditions of Main Road 21, Kilpisjärvi. The rate of thaw-settlement had been markedly reduced. the settlement rate may further be reduced using a bound surface material containing light-coloured aggregate. Snow accumulation on the pavement had been reduced significantly. Ice accumulation on the pavement was not observed after the experimental repair of the worst sites. The methodical experience and knowledge was seen necessary to implement and apply in the guidelines of pavement planning and design.

## ALKUSANAT

Tämä tutkimus on osa Arktinen tie -tutkimusta, joka tehtiin vuosina 1985 - 1990 valtatie 21:n linjalla Kilpisjärvellä. Esitutkimuksessa todettiin kylmästä ilmastosta aiheutuvan tienpidolle erityisongelmia mm. ikeiroudan sulamis-painumisen, routimisesta aiheutuvan epätasaisuuden ja päällystevaurioiden sekä tavanomaista voimakkaamman kinostumisen ja paantamisen muodossa. Koerakenteet suunniteltiin, mitoitettiin ja rakennettiin vuosina 1986 - 1988. Rakenteiden toimintaa seurattiin vuosina 1986 - 1989 ja edelleen. Tutkimuksen rahoittivat tie- ja vesirakennushallitus ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Tutkimusryhmään kuuluivat dipl. ins. Lars Björkstén (projektipäällikkö v. 1985 - 1987) ja fil. lis. Martti Eerola (projektipäällikkö vuodesta 1988 alkaen) TVH:sta, ins. Timo Heikkilä ja ins. Olavi Kurkela tie- ja vesirakennuslaitoksen Lapin piiristä, dipl.ins. Jorma Vaskelainen (30.09.1987 saakka) ja dipl.ins. Seppo Saarelainen VTT:n geotekniikan laboratoriosta sekä dipl.ins. Jouko Lehtonen Viatek Oy:sta. Työtä valvoivat osastopäällikkö Antti Talvitie ja toimistopäällikkö Tauno Hailikari TVH:sta sekä piiri-insinööri Sauli Niku-Paavo, apulaispiiri-insinööri Seppo Piriä ja suunnittelu-päällikkö Erkki Vuontisjärvi TVL:n Lapin piiristä.

Kohteiden pohjatutkimukset teki TVL:n Lapin piiri, routatutkimukset ja routateknisen mitoituksen VTT:n geotekniikan laboratorio ja tierakennus-suunnittelun Viatek Oy. Tierakennustyöt teki TVL:n Lapin piiri, työmaan päällikkönä rkm. Armas Piirainen. Laadunvalvontatutkimuksista samoin kuin koerakenteiden seurantamittauksista vastasivat TVL:n Lapin piirissä rakennusmestarit Antti Kaarteenaho ja Teuvo Nikkinen. Seurantamittauksiin sisältyneet kosteus- ja tiheysmittaukset teki VTT:n geotekniikan laboratorio.

Tämän seurantaraportin laati VTT:n Rakennus- ja yhdyskuntatekniikassa erikoistutkija Seppo Saarelainen. Työtä valvoi ins. Timo Heikkilä Tiehallinnon Lapin tiepiiristä, Tuomo Kallionpää Tiehallinnon keskushallinnosta ja Aarno Valkeisenmäki Tieliikelaitoksesta. Raportin laatimisen rahoitti Tiehallinnon Lapin tiepiiri.



## Sisältö

<b>1. JOHDANTO</b>	<b>9</b>
<b>2. KOERAKENTEET</b>	<b>11</b>
2.1. Koerakenteiden suunnitelman mukainen toiminta	11
2.2. Olosuhteet ja koerakenteiden toiminta rakentamisen jälkeen	11
2.3. Maastotarkastukset	12
<b>3. KOERAKENTEIDEN TOIMINNAN TARKASTELU</b>	<b>13</b>
3.1. Routasuojaus, Tulli	13
3.1.1. Pohjamaan routivuus vanhan rakenteen tutkimusten	13
3.1.2. Koerakenteiden routanousu rakentamisen jälkeen	16
3.1.3. Mitoitusmenetelmän toiminta	25
3.1.4. Eistemateriaalien kostuminen vs. routaantuminen ja routanousu	25
3.1.5. Routasuojausmateriaalien kokoonpuristuminen	26
3.1.6. Routasuojatun rakenteen kantavuus	26
3.1.7. Tullin koeosuuksien urautuminen	27
3.1.8. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001	30
3.1.9. Johtopäätökset ja suositukset	31
3.2. Routasuojaus, Peera	32
3.2.1. Pohjamaan routivuus vanhan rakenteen tutkimusten mukaan	32
3.2.2. Koerakenteet	32
3.2.3. Koerakenteiden routanousu vs. mitoitus rakentamisen jälkeen	33
3.2.4. Koerakenteiden routanousu vs. mitoitus jälkiseurannassa	35
3.2.5. Mitoitusmenetelmän toiminta	35
3.2.6. Routasuojatun rakenteen kantavuus	35
3.2.7. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001	36
3.2.8. Johtopäätökset ja suositukset	37
3.2.9. Tien routasuojauksen mitoitus valtatie 21 olosuhteissa	37
3.3. Peeran palsa, korjausrakenne ikiroudalla	39
3.3.1. Tierakentamisen ongelmat ikiroudalla	39
3.3.2. Paikalliset olosuhteet	40
3.3.3. Koerakenne	41
3.3.4. Rakentaminen	43
3.3.5. Seuranta	44
3.3.6. Painuminen rakentamisen jälkeen	45
3.3.7. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001	47
3.3.8. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	48
3.4. Paannekohteet	49
3.4.1. Ongelmat	49
3.4.2. Pohjavesipaanne, koerakenteet	49
3.4.3. Pintavesipaanne, koerakenteet	53
3.4.4. Ilmasto-olot rakentamisen jälkeen	60
3.4.5. Johtopäätökset ja suositukset	61
3.5. Kinostumiskohde, Jeähkkash	61
3.5.1. Ongelmat	61
3.5.2. Tavoitteet	62

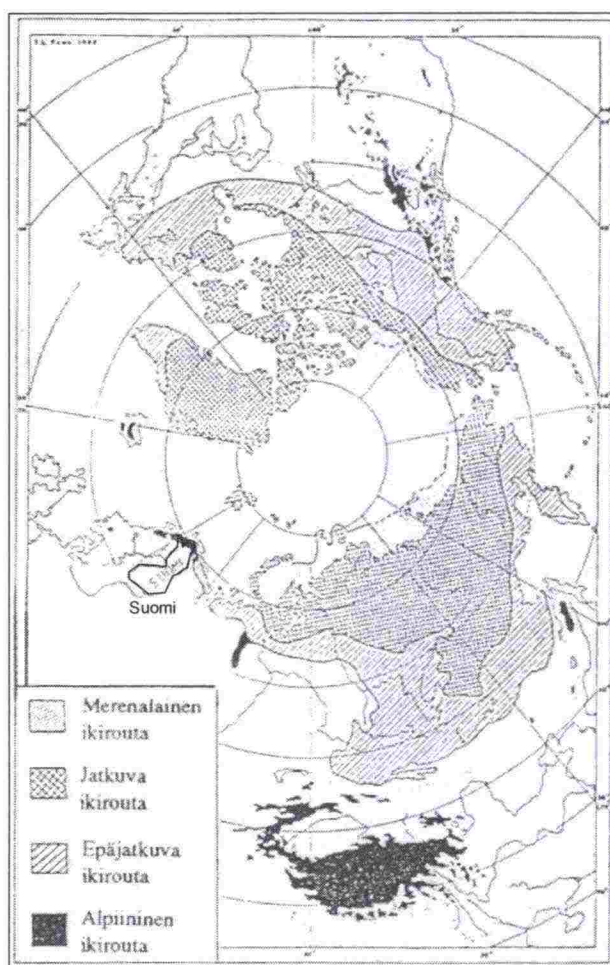
---

3.5.3. Tutkimukset	62
3.5.4. Suunnitelmaratkaisu	65
3.5.5. Auraustoiminta ennen ja jälkeen	66
3.5.6. Seuranta	66
3.5.7. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001	69
3.5.8. Johtopäätökset ja suositukset	69
<b>4. TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>71</b>
<hr/>	
4.1. Koerakenteiden kunnostamistarve	71
4.1.1. Kinostumisrakenne	71
4.1.2. Paannekohteet	71
4.1.3. Palsarakenne	71
4.1.4. Routasuojaus	72
4.2. Suunnitteluratkaisujen soveltaminen valtatiellä 21 ja muualla	72
4.3. Jatkokehittäminen	74
<b>5. KIRJALLISUUTTA</b>	<b>74</b>
<b>6. LIITTEET</b>	<b>76</b>
<hr/>	

## 1. JOHDANTO

Suomi kuuluu maapallolla pohjoisiin alueisiin, joille on tyypillistä kylmä ja luminen talvi. Sopeutuminen kylmään ilmastoon edellyttää rakentamisen ja infrastruktuurin sopeuttamista ilmaston vaikutuksiin. Tämä aihe on ollut jatkuvan kehittämisen kohteena. Ikiroudan (kuva 1) ohella kylmästä ilmastosta aiheutuu muitakin vaikutuksia, kuten routanousua, sulamispehmenemistä, pintojen jäätymistä ym. Nämä kaikki vaikutukset ovat tyypillisiä niin ikiroudalla kuin kausittaisella roudallakin. Vaikutusten voimakkuus ja mittakaava määräytyvät ilmaston ankaruuden mukaan.

Ikiroudassa on pohjoisen pallonpuoliskon kuivasta maa-alasta noin 30 %. Kylmän ilmaston vaikutuksia ilmenee noin 60 %:lla kuivasta maanpinnasta. Suomessa ikiroutaa esiintyy vain Pohjois-Lapissa noin tason +400 m yläpuolella, missä vuotuinen ilman keskilämpötila on alle  $-2^{\circ}\text{C}$ . Kausittaista routaa esiintyy vuosittain, ja talven ankaruus kasvaa etelästä pohjoiseen.



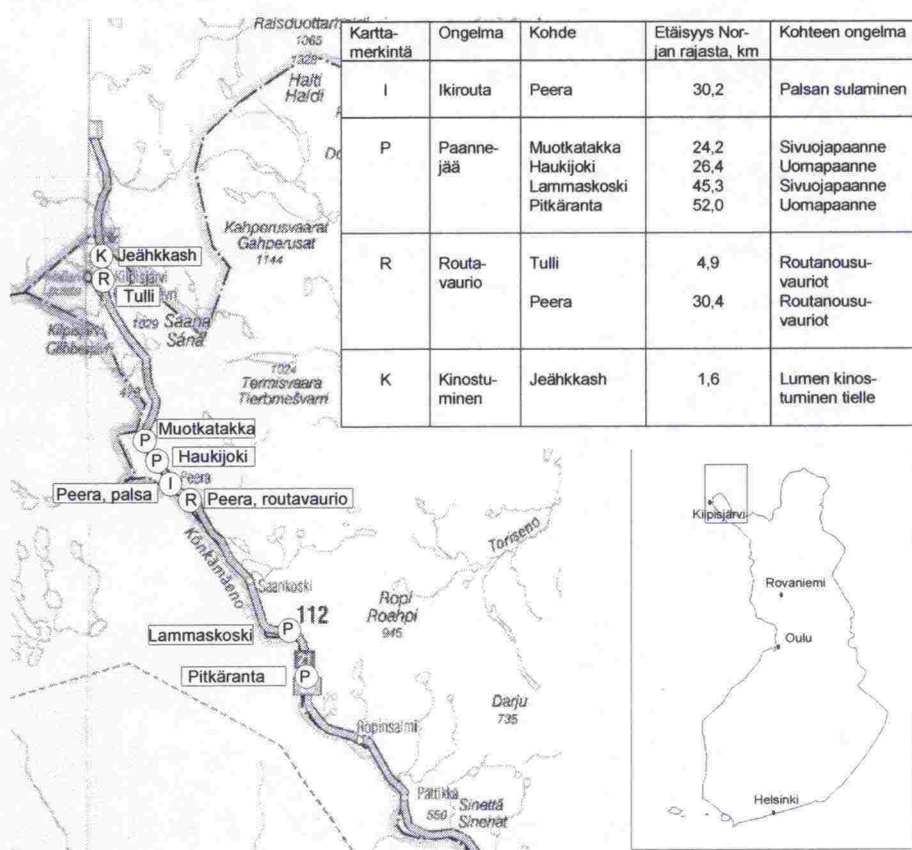
Kuva 1. Ikiroudan esiintyminen pohjoisella pallonpuoliskolla (Washburn 1979).

Tutkimusten tavoitteena oli toisaalta selvittää niitä ongelmia, jotka tierakenteille aiheutuvat kylmässä ilmastossa. Edelleen oli tavoitteena tutkimuksin sekä koesuunnittelulla ja -rakentamisella selvittää, miten ongelmia voidaan



poistaa ja lieventää. Eräänä tavoitteena oli löytää toteutuskelpoisia ratkaisuja valtatie 21 peruskorjausta varten.

Esiselvityksessä todettiin, että ongelmia vanhalla tiellä oli havaittavissa päällysteen routaheittojen ja -vaurioiden muodossa. Kantavuuspuutteista johtuvia vaurioita ei ollut havaittavissa. Havaintoja palsoista tielinjalla oli tehty useissa paikoissa (Saarikoski, Pousujärvi, Peera), mutta vain Peerasa todettiin aktiivinen palsa tien alla. Sulava ikirouta aiheutti jatkuvaa painumista ja tien pinnan vuotuista nostotarvetta. Tienpinnalle kovina pakkastalvina jäätyvä vesi aiheutti paannetta, jonka poistaminen koettiin kalliiksi ja työlääksi. Edelleen oli havaittu avoimilla tunturiosuuksilla voimakasta lumen kinostumista.



Kuva 2. Arktinen tie-tutkimus, Kilpisjärvi. Koerakennuskohteet vv. 1986-87 valtatiellä 21. Tierekisteriosoitteet ilmenevät liitteestä 1.

Arktinen tie-tutkimushanke toteutettiin vv. 1985-89 ja raportoitiin 1990. Yhteenvetoraportti julkaistiin v. 1993 (Saarelainen 1993). Tutkimusten tuloksia on esitelty lehdissä ja konferenssijulkaisuissa 1990-luvulla. Tässä raportissa tarkastellaan koerakenteiden toimintaa ja mitattua käyttäytymistä rakentamisvaiheen jälkeen 1990-luvun lopulle saakka. Tavoitteena oli selvittää mm. mitoitustavan ja ratkaisujen realistisuutta sekä koerakenteiden korjaustarvetta.

## **2. KOERAKENTEET**

### **2.1. Koerakenteiden suunnitelman mukainen toiminta**

Koerakenteet mitoitettiin ja suunniteltiin niin, että olosuhteista aiheutuva häiriövaikutus saadaan minimoitua tai kokonaan poistettua. Tämä tarkoitti sitä, että

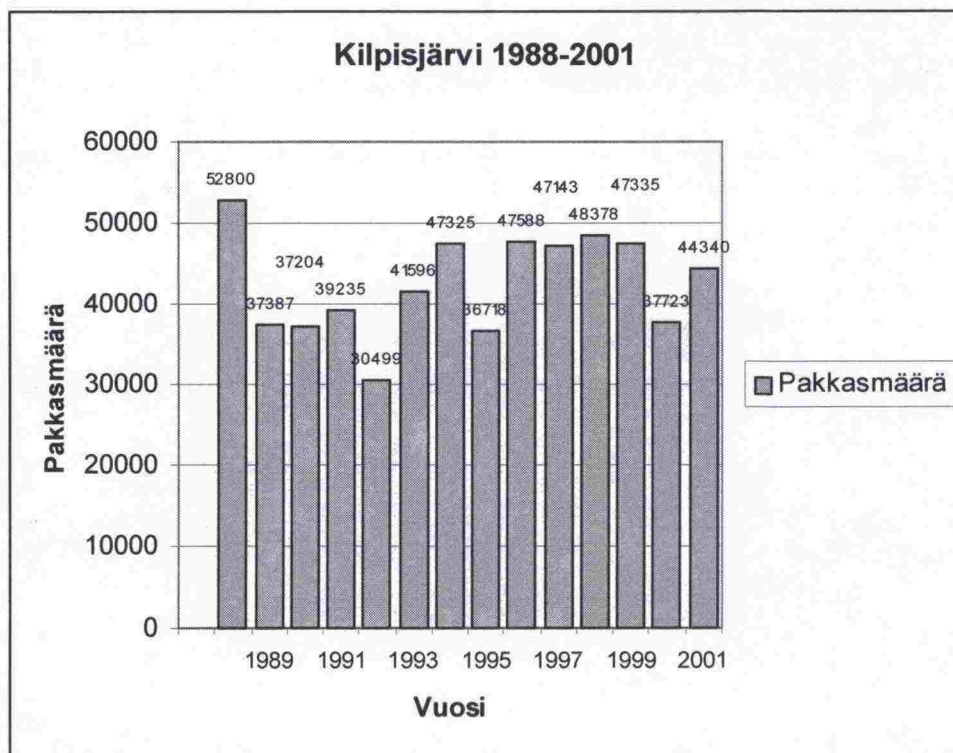
- kinostumiskohteessa (Jeähkkash) kinostumista saadaan normaalitalvina merkittävästi vähennettyä
- paannekohteissa saadaan paantaminen poistettua talvikuivatusta parantamalla
- routavauriokohteissa (Tulli, Peera) routanousu saadaan rajoitettua niin vähäiseksi, ettei se aiheuta erityistä vaurioitumista ja uudelleenpäällystystarvetta
- palsakohteessa ikiroudan sulamisesta aiheutuvaa sulamispainumaa ja siitä aiheutuvaa korjaustarvetta saadaan merkittävästi vähennettyä.

### **2.2. Olosuhteet ja koerakenteiden toiminta rakentamisen jälkeen**

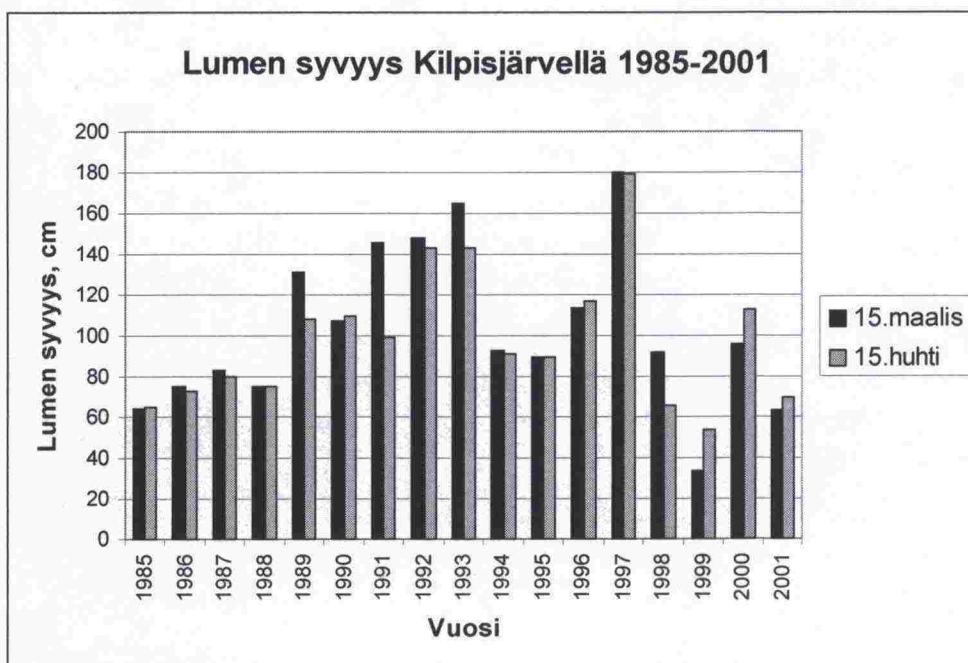
Koerakenteiden toimintaa seurattiin vv. 1987-89, ja seurantatulokset kuvattiin kohderaporteissa (Saarelainen 1990a, Saarelainen, 1990b, Kivikoski 1990, Saarelainen & Kivikoski 1990, Lehtonen 1991). Seurantamittauksia on edelleen jatkettu 1990-luvun puolivälin jälkeen. Seurantaraportti laadittiin vuonna 1999 (Saariniemi & Heikkilä 1999).

Pakkasmäärän vaihtelua Kilpisjärven havaintoaseman tietojen mukaan määritettynä on esitetty kuvassa 3. Sen mukaan ajanjaksolla 1987-2001 oli keskimääräinen pakkasmäärä noin 42 000 Kh, ja se vaihteli välillä 30500 - 52800 Kh.

Lumen syvyyden vaihtelua lopputalvesta Kilpisjärven havaintoasemalla on esitetty kuvassa 4. Sen mukaan yli 120 cm:n lumenpaksuus ilmeni 1990-luvulla 5 kertaa.



Kuva 3. Pakkasmäärien vaihtelu Kilpisjärven havaintoasemalla vv. 1988-2001.



Kuva 4. Suurin lumen syvyys Kilpisjärven havaintoasemalla vv. 1988-2001.

### 2.3. Maastotarkastukset

Elokuun alussa 2000 ja syyskuussa 2001 tehtiin koekohteissa maastotarkastukset, joiden tuloksia kuvataan seuraavassa.

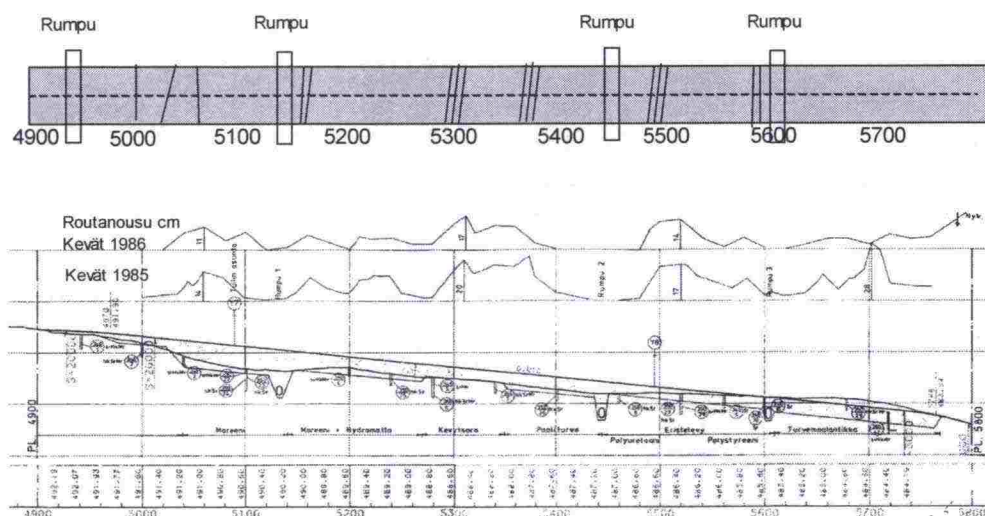


### 3. KOERAKENTEIDEN TOIMINNAN TARKASTELU

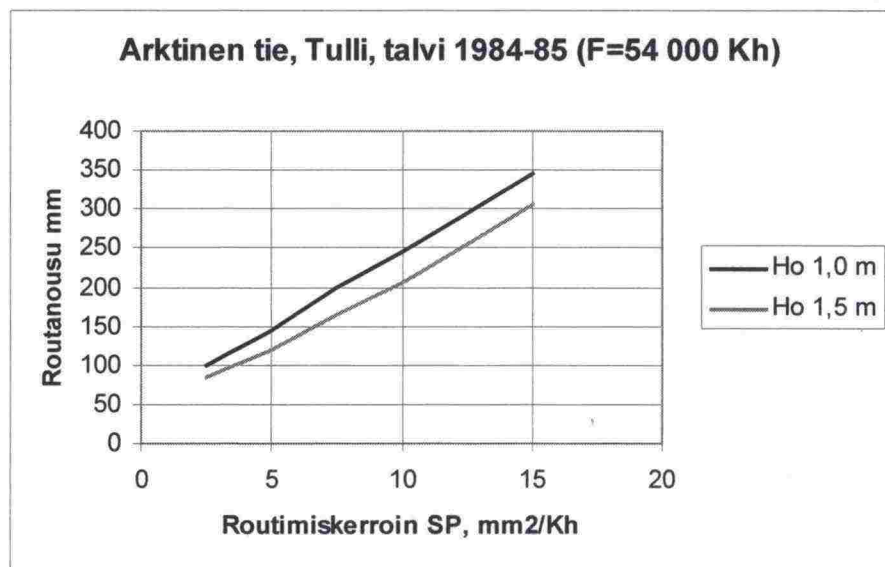
#### 3.1. Routasuojaus, Tulli

##### 3.1.1. Pohjamaan routivuus vanhan rakenteen tutkimusten

Tullin koekohteen päällystevauriot keväällä 1985 ja pituusleikkaus on esitetty kuvassa 5. Samassa kuvassa on esitetty tien routanousuprofiili keväällä 1985 ja 1986. Routanousu oli suurimmillaan yli 200 mm ja se vaihteli voimakkaasti. Vanhan tien rumpupaikoilla tie ei routinut. Talven 1984-85 pakkasmäärä oli Kilpisjärven säähavaintoaseman mukaan noin 54 000 Kh ja talven 1985-86 pakkasmäärä noin 52 000 Kh. Koerakenteet mitoitettiin koeosuuden suurimman routanousun mukaan. Routimiskertoimen ja routanousun vuorosuhdetta havaintotalven pakkasmäärällä 54 000 Kh ja päällysrakenteen paksuudella 1 ja 1,5 metriä on esitetty kuvassa 6 (Saarelainen 2001).

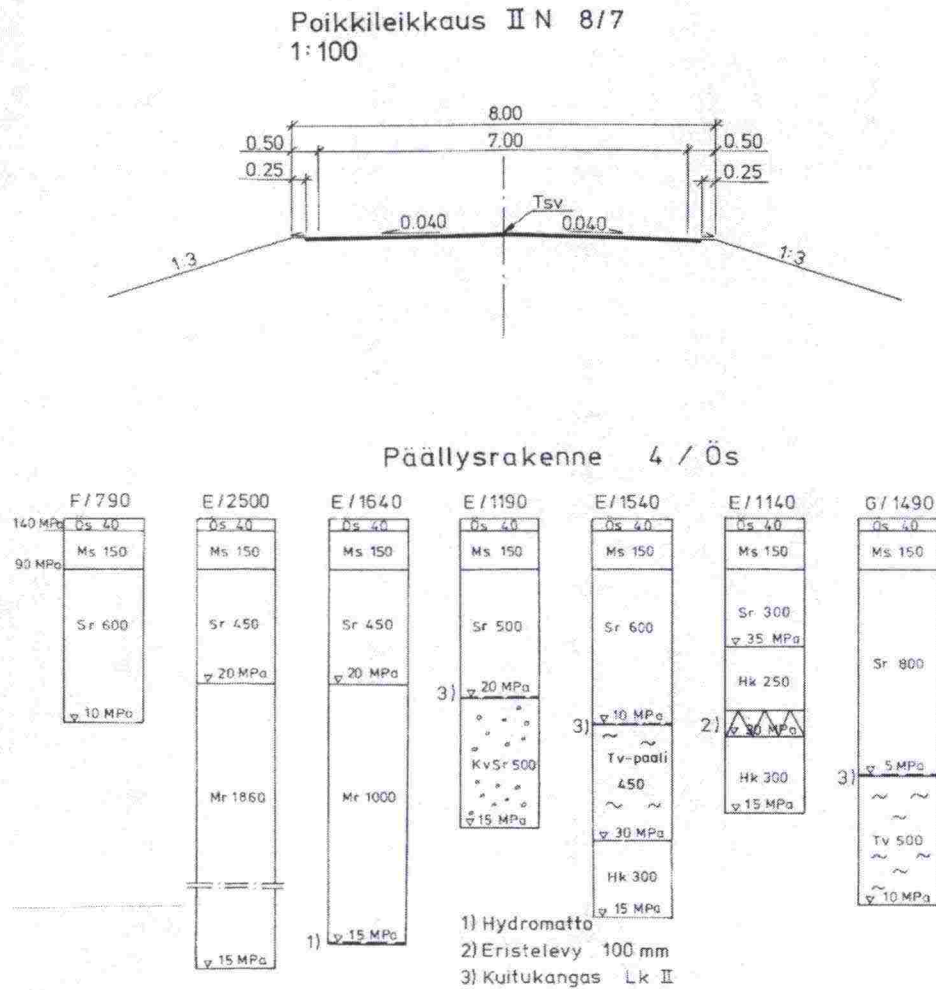


Kuva 5. Tulli. Koerakenteiden pituusleikkaus ja sijainti. Yläosassa tien keskilinjan routanousu keväällä 1985 (ylempi profiili) ja 1986.



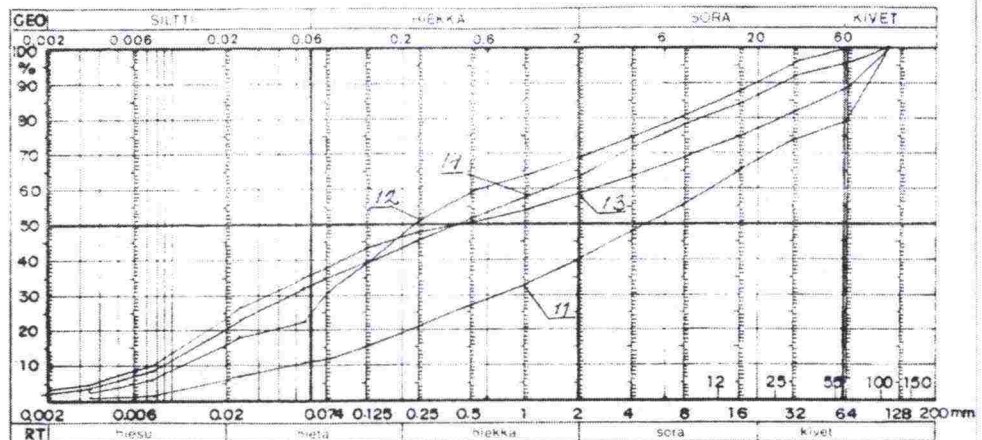
Kuva 6. Routimiskertoimen ja routanousun vuorosuhde talvena 1984-85.

Tullin koerakenteiden mitoitus routanousun mukaan tehtiin ennen korjausta havaitun routanousun mukaan. Havaintotalven pakkasmäärän, rakenteen paksuuden ja havaitun routanousun perusteella määritettiin routimiskerroin, ja rakenteet mitoitettiin kerroksellisina tyyppirakenteina paikallisen routimiskertoimen ja mitoitustalven pakkasmäärän (kerran 10 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä, 52 000 Kh) niin, että mitoitusroutanousu oli noin 50 - 70 mm (kuva 7). Koerakenteiden suunnittelua on kuvattu seikkaperäisemmin ao. raporteissa.



Kuva 7. Tulli. Koerakenteiden rakenneleikkaukset ja materiaalit.

Routasuojauksessa käytetyn moreenin tutkittuja rakeisuuksia on esitetty kuvassa 8. Sen mukaan moreenin hienoainespitoisuus oli suurimmillaan noin 40%, mutta savipitoisuus vähäinen, alle 5 %.



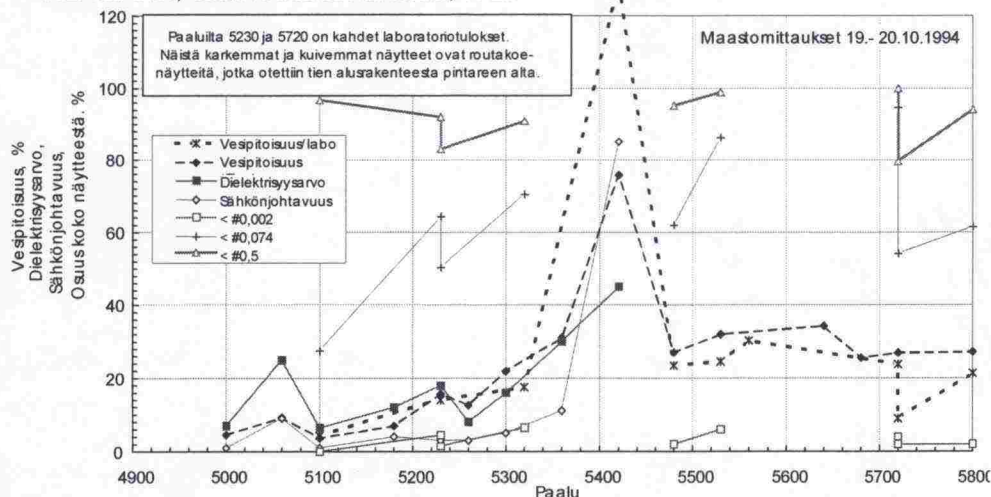
Kuva 8. Tullin moreenirakenteissa käytetyn aineksen rakeisuuksia.



Tullin koeosuuden pohjamaata tutkittiin uudelleen syksyllä 1994 maanäyte-tutkimuksin ja kenttämittauksin. Tuloksia on esitetty kuvassa 9. Rakeisuus-tutkimusten mukaan pohjamaa oli pääasiassa silttiä. Paalulla noin 5420 oli pohjamaan pinnassa soistuma, joka näkyy korkeina vesipitoisuuksina. Vesi-pitoisuudet määritettynä Troxler-laitteella ja laboratoriossa näytteestä vas-taavat kohtuullisesti toisiaan. Edelleen dielektrisyys määritettynä pistemitta-uksella kentällä korreloi vesipitoisuuden kanssa.

#### POHJAMAAN OMINAISUUKSIA SIVUOJAN TAKALUISKASSA

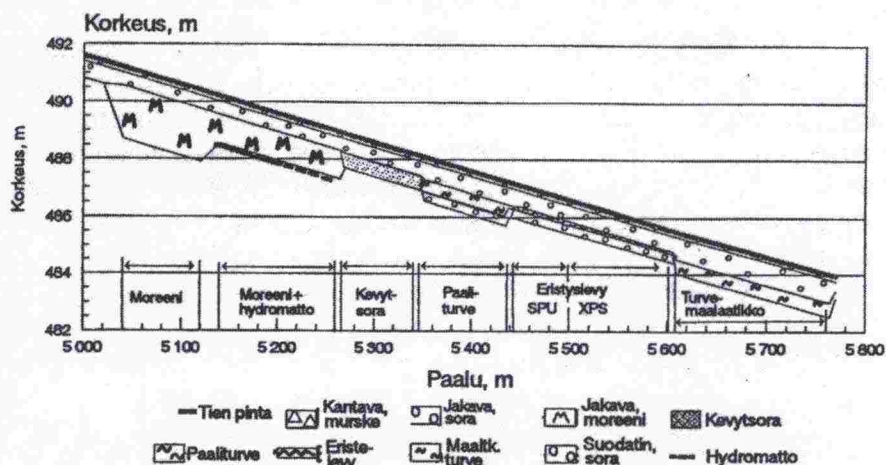
KILPISJÄRVI, Tullin routahavaintotie, vt 21



Kuva 9. Tullin routavaurio-osuus. Pohjamaan ominaisuuksia määritettynä si-vujojan luiskasta syksyllä 1994.

#### 3.1.2. Koerakenteiden routanousu rakentamisen jälkeen

Koerakenteiden ratkaisuja ja sijoittumista on esitetty kuvassa 10.

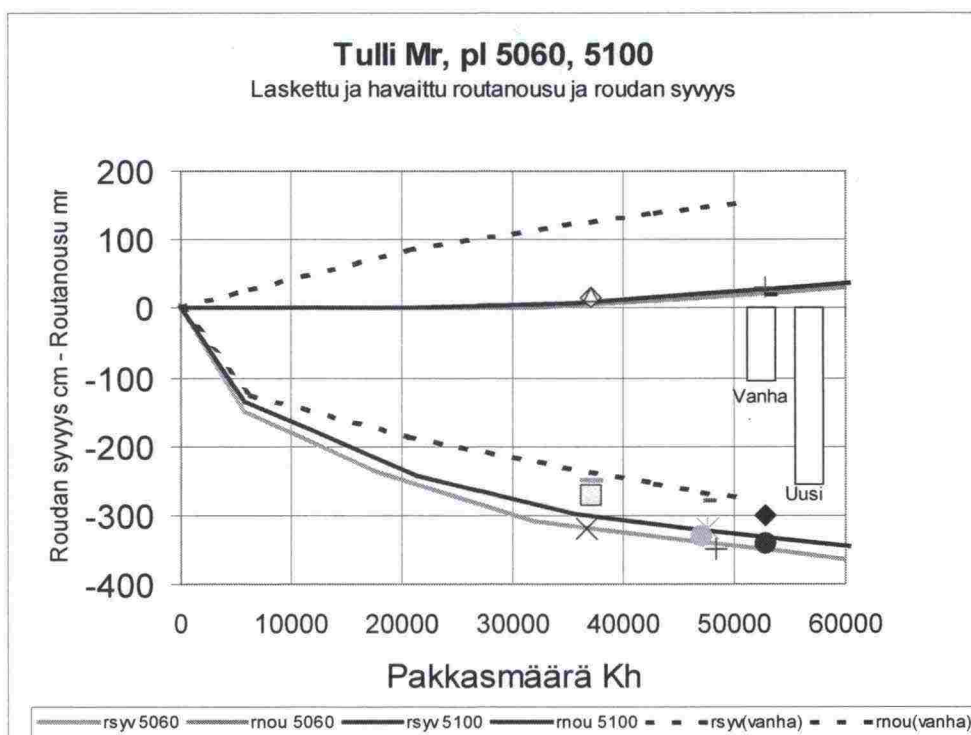


Kuva 10. Tulli. Koerakenteiden pituusleikkaus.

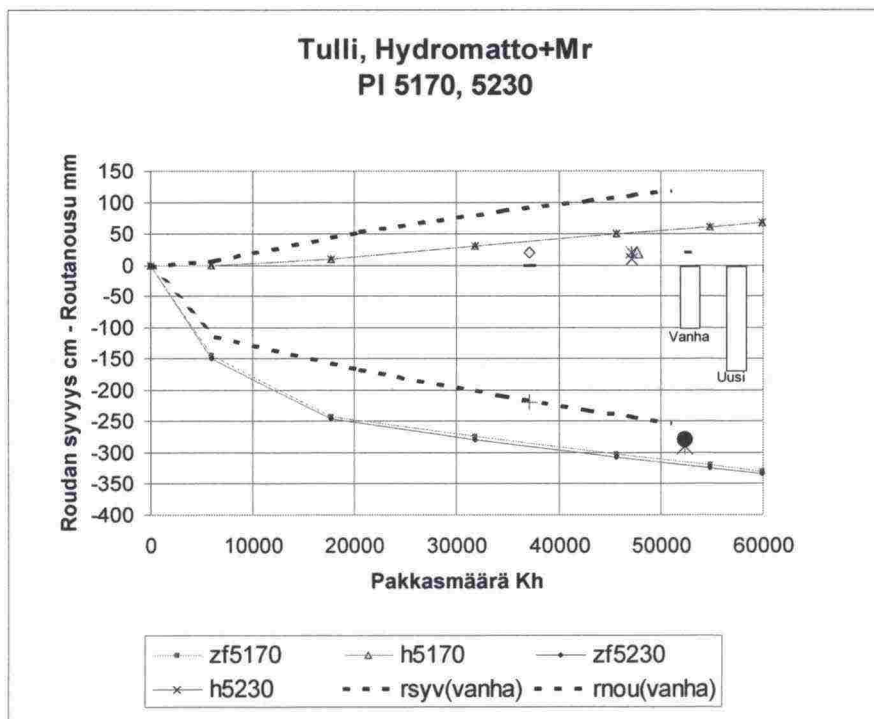


Koerakenteiden routanousua mitoituksen suhteen tarkasteltiin koerakennusraportissa.

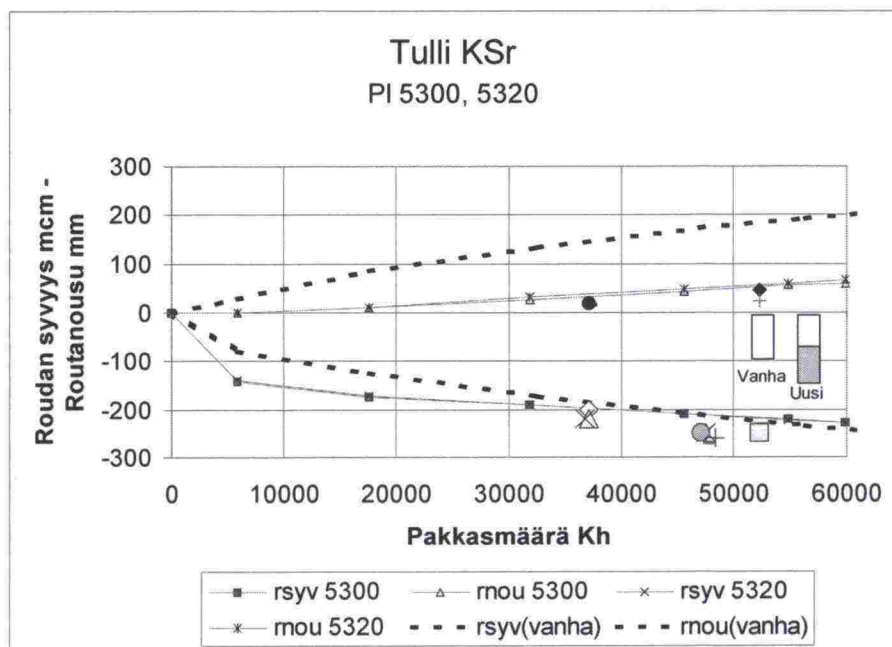
Seuraavissa kuvissa (11 - 16) on esitetty koerakenteiden arvioitua routanousua ja roudan syvyyttä pakkasmäärän suhteen. Arviot on tehty toteutuneilla rakennepaksuuksilla ja mitoituksessa käytetyllä routimiskertoimen arvolla, joka laskettiin talvella 1985-86 havaitun routanousun sekä vanhan tien rakennepaksuuden perusteella. Kuviin on merkitty routanousu- ja roudan syvyyshavainnot rakentamisen jälkeen ja 1990-luvun lopulla.



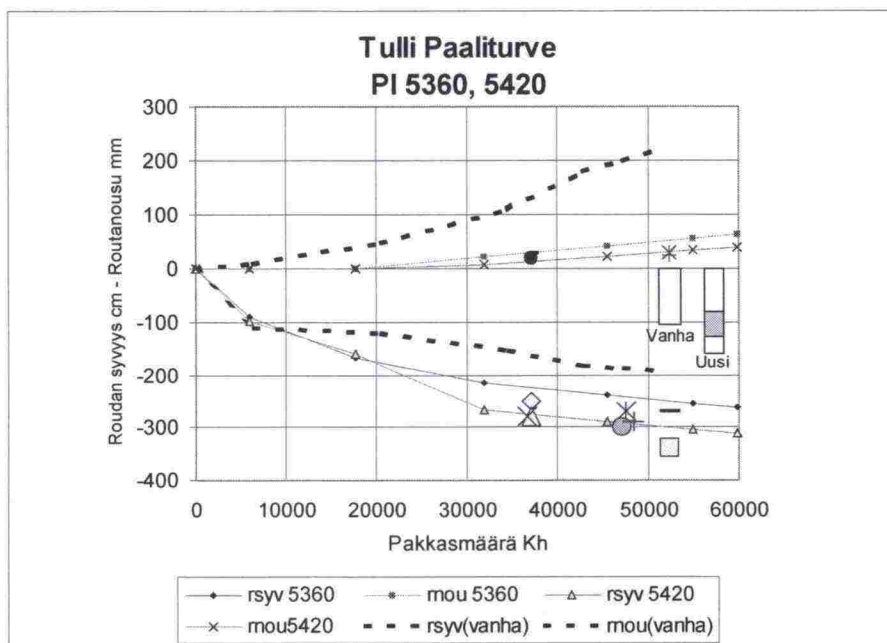
Kuva 11. Tulli, moreenirakenne. Roudan syvyys ja routanousu eri pakkasmäärillä laskettuna toteutuneiden rakennepaksuuksien ja vanhan rakenteen routanousun mukaan sekä havainnot vv. 1988-99.



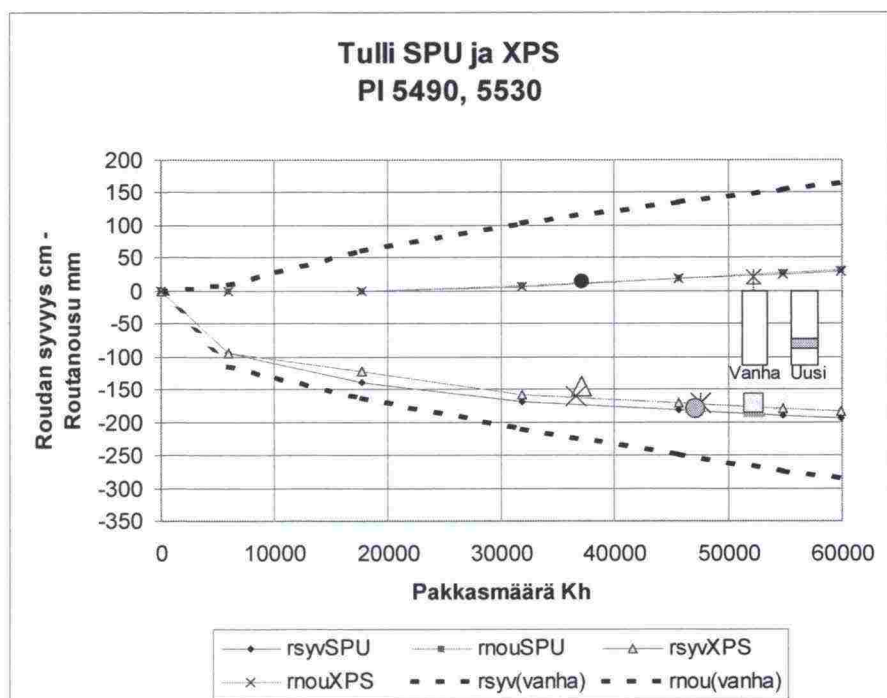
Kuva 12. Tulli, hydromatto+moreenirakenne. Roudan syvyys ja routanousu eri pakkasmäärillä laskettuna toteutuneiden rakennepaksuuksien ja vanhan rakenteen routanousun mukaan sekä havainnot vv. 1988-89.



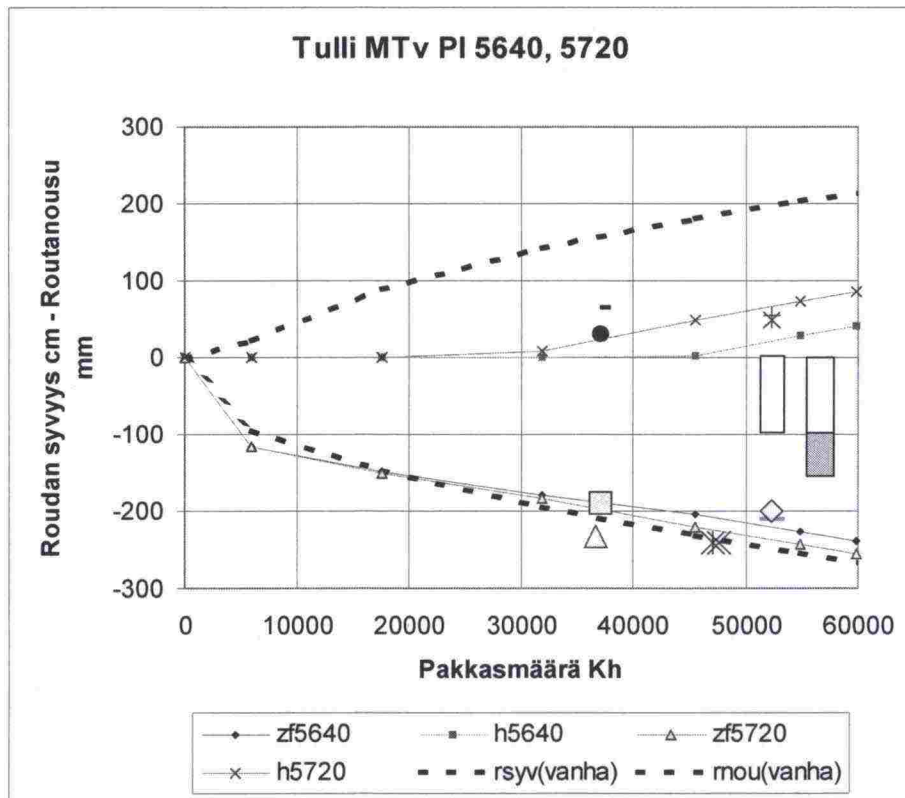
Kuva 13. Tulli, kevytsorarakenne. Roudan syvyys ja routanousu eri pakkasmäärillä laskettuna toteutuneiden rakennepaksuuksien ja vanhan rakenteen routanousun mukaan sekä havainnot vv. 1988-99.



Kuva 14. Tulli, paaliturverakenne. Roudan syvyys ja routanousu eri pakkasmäärillä laskettuna toteutuneiden rakennepaksuuksien ja vanhan rakenteen routanousun mukaan sekä havainnot vv. 1988-99.



Kuva 15. Tulli, Eristelevyrakenne (SPU ja XPS). Roudan syvyys ja routanousu eri pakkasmäärillä laskettuna toteutuneiden rakennepaksuuksien ja vanhan rakenteen routanousun mukaan sekä havainnot vv. 1988-99.



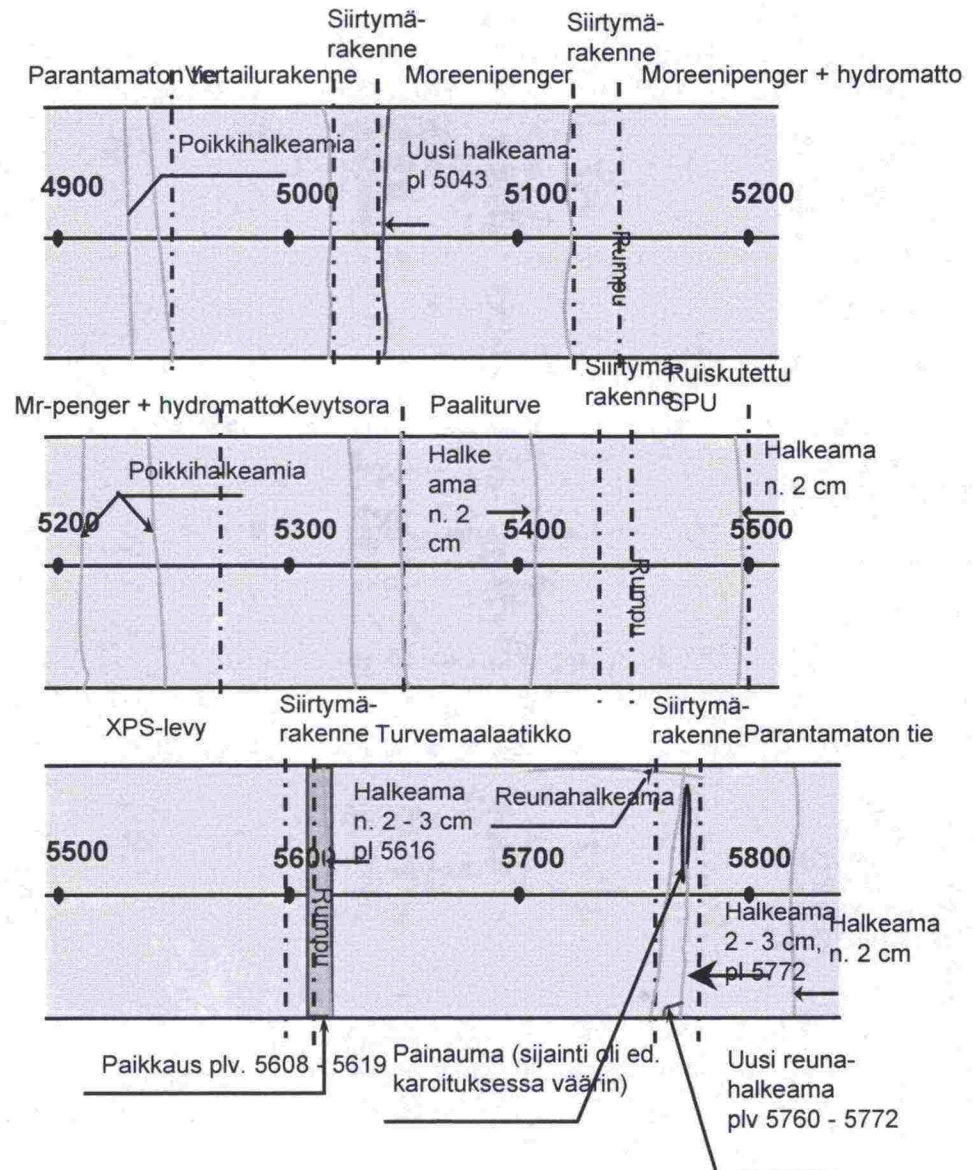
Kuva 16. Tulli, Turvemaalaatikkorakenne. Routan syvyys ja routanousu eri pakkasmäärillä laskettuna toteutuneiden rakennepaksuuksien ja vanhan rakenteen routanousun mukaan sekä havainnot vv. 1988-99.

Tullin koetien päällystevauriot keväällä 1997 on esitetty kuvassa 17. Sen mukaan vauriot olivat poikkihalkeamia, joista merkittävä osa sijoittui koerakenteiden muutoskohtiin. Pituushalkeamia ei Tullin päällysteessä havaittu. Kuvassa 16 on esitetty routanousuvaaitusten perusteella lasketut poikittaiset kulmanmuutokset ja kuvassa 18 pitkittäiset kulmanmuutokset.

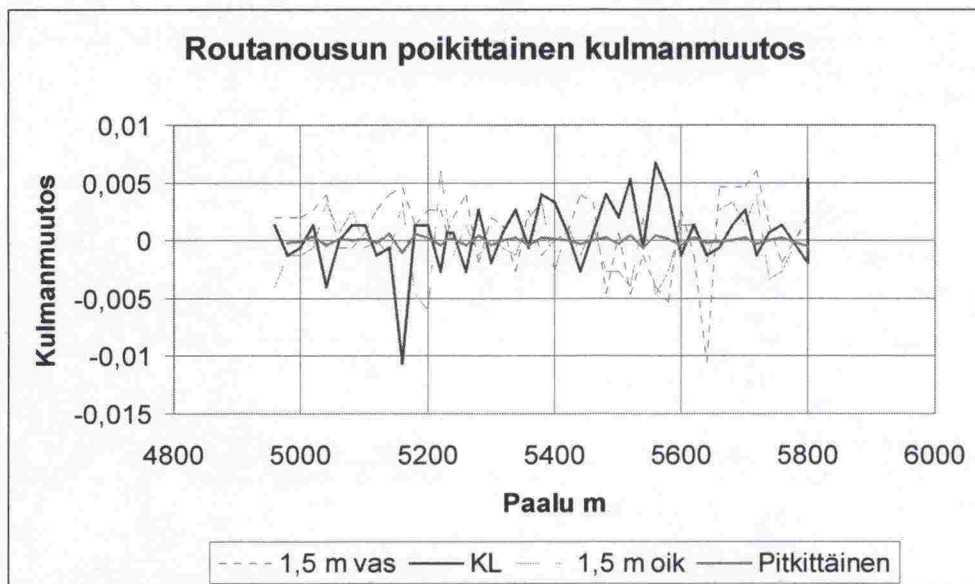
Päällysteessä ilmenneiden poikkihalkeamien syynä ei näytä olleen ensisijaisesti routanousun, vaan ne lienevät syntyneet pakkashalkeiluna, johon on vaikuttanut eri rakenteiden mekaanisten ominaisuuksien muutokset.



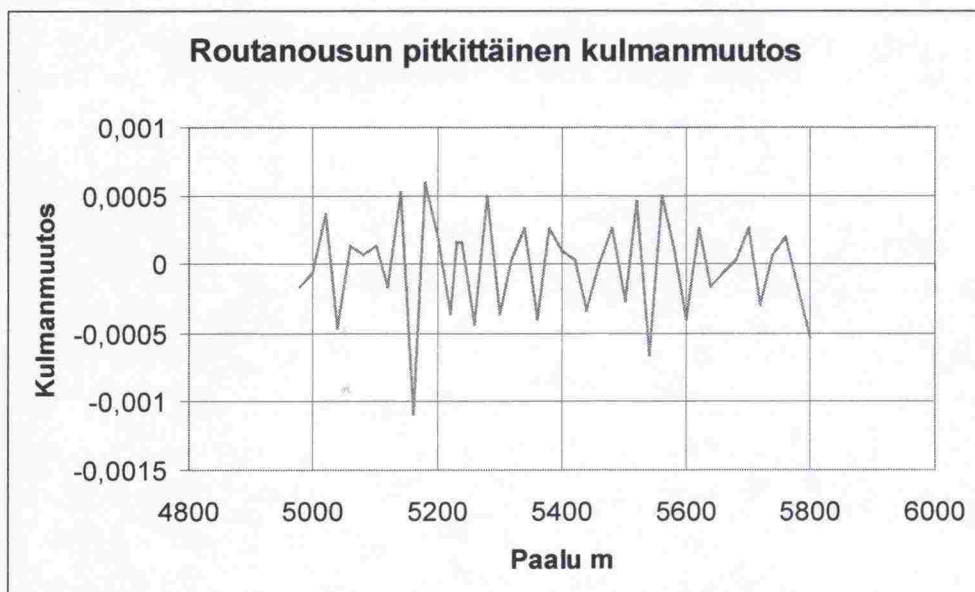
## Vt 21, Kilpisjärvi, Tullin routahavaintotien vauriot 22.5.1997



Kuva 67. Tulli. Päällysteen vauriot keväällä 1997.

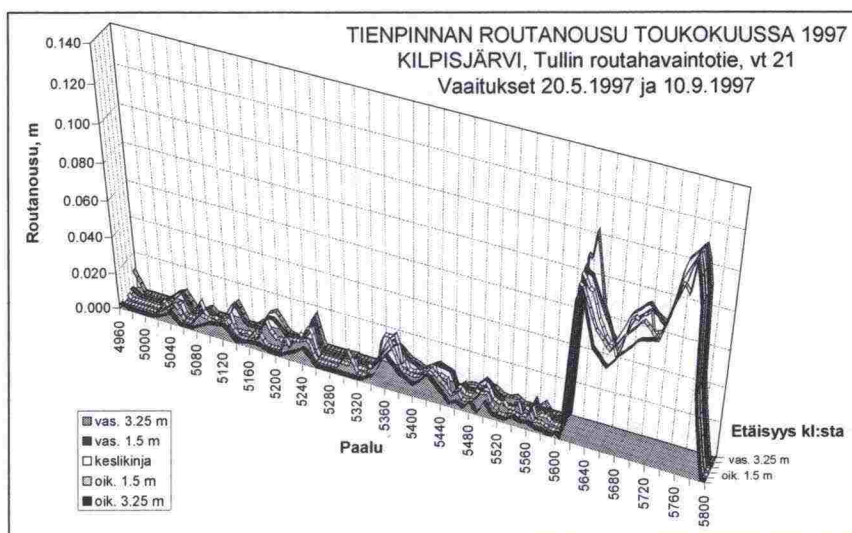


Kuva 18. Tulli. Kevään 1997 routanousun perusteella määritetty poikittainen kulmanmuutos.

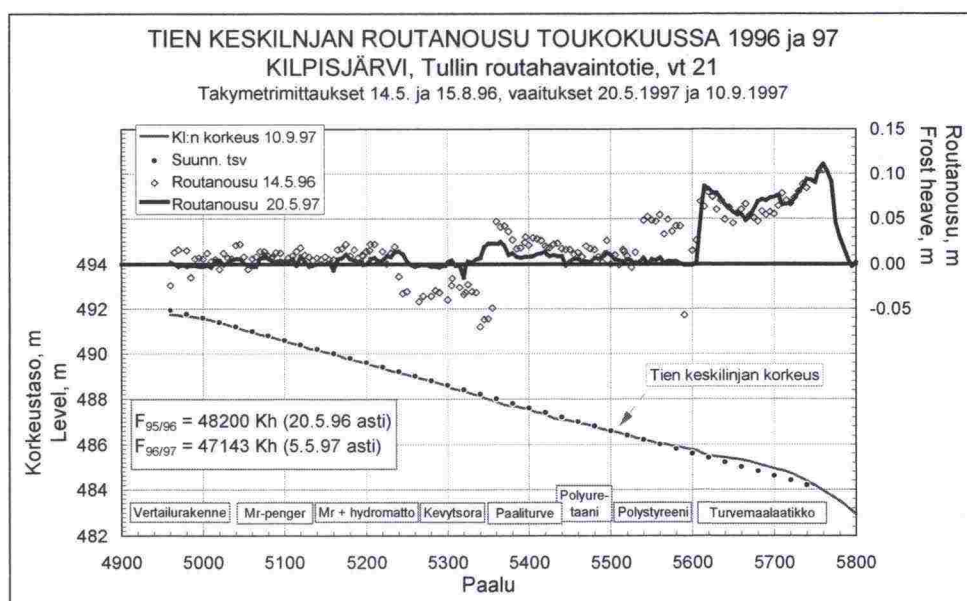


Kuva 19. Tulli. Kevään 1997 routanousun perusteella määritetty pitkittäinen kulmanmuutos.

Kuvissa 20 - 21 on esitetty routavaaitusten tuloksia keväällä 1996, 1997 ja 1998. Todettiin, että routanousu oli alle 50 mm lukuun ottamatta turvemaa-laatikko-osuutta, jonka routanousu oli edelleen 50-100 mm.

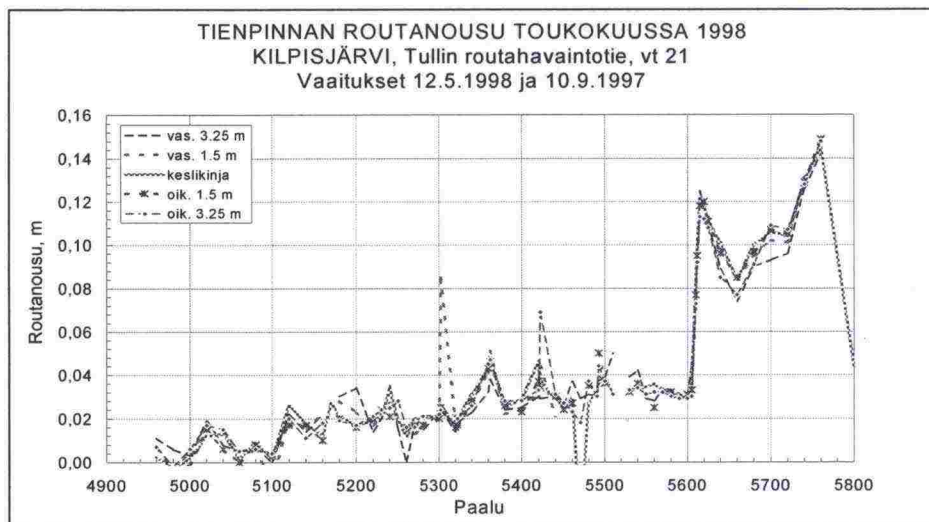


Kuva 20. Tullin koeosuuden routanousu keväällä 1997.



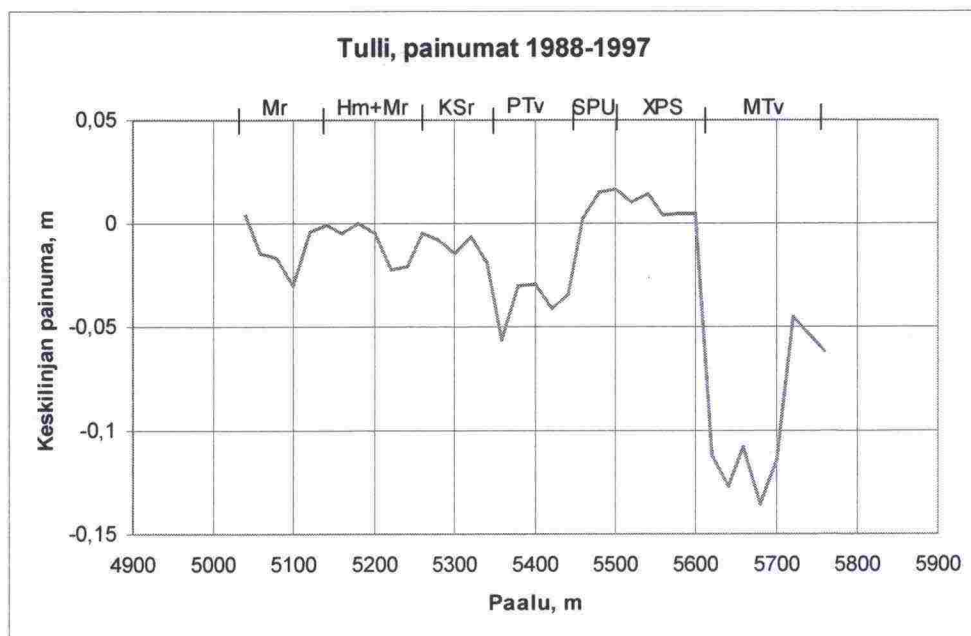
Kuva 21. Tullin koeosuuden routanousuprofiili keväällä 1996 ja -97.





Kuva 22. Tullin koeosuuden routanousuprofiili keväällä 1998.

Kuvassa 23 esitetään Tullin koeosuuden vaaitut painumat vv. 1987-1997. Turvemaalaatikko-osuudella (MTv) painuma oli yli 100 mm. Kun turvekerroksen ennakkokorotus rakentamisvaiheessa oli noin 300 mm, ei päällyste ollut painunut suunnitellulle tasolle, vaan oli edelleen koholla noin 200 mm. Myös paaliturveosuudella (PTv) painuma oli merkittävä, 30-50 mm. Muiden osuuksien painumat olivat lähes vaaitustarkkuuden rajoissa ( $\pm 10$  mm).



Kuva 23. Tien keskiliinjan korkeuden muutos aikavälillä 1987-97.

### 3.1.3. Mitoitusmenetelmän toiminta

Todettiin, että

- tien routanousu ennen koerakentamista kovina pakkastalvina oli 150-200 mm, tien pinta epätasainen ja päällyste vaurioitunut
- pohjamaan routimista kuvaava routimiskerroin määritettiin SSR-ohjelmalla (Saarelainen 1992) ennen rakentamista mitattujen routanousujen mukaan
- routasuojausmateriaalien kostuminen ja mitoittava lämmönjohtavuus arvioitiin saatavissa olleiden tietojen mukaan
- roudan syvyydet koerakenteissa ovat likimäärin vastanneet laskettuja.

### 3.1.4. Eristemateriaalien kostuminen vs. routaantuminen ja routanousu

Tullin koerakenteiden materiaaleja tutkittiin vuonna 1994 niiden kostumisen ja laadun selvittämiseksi. Tuloksia on esitetty taulukossa 1. Tutkimusten perusteella arvioituja eristemateriaalien lämmöneristysominaisuuksia on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 1. Maa- ja eristenäytteiden tutkimustuloksia Tullin koeosuuksilta syksyllä 1994.

Rakenne/Paalu		Pohjamaa			Jakava		Eriste		Ylärakenne	
		maalj.	w %	SP	maalj.	w %	laatu	w p-%	maalj.	w %
Vert 1	5000	Mr	0							
Mr	5100	siHk	4,3							
Hm+Mr	5230	hkSi	14,4	2,0	Mr	4,6				
KSr	5320	hkSi	17,5		Sr	3,5	KSr	23,3	srHk	3,9
PTv	5420	hkMr	10,1		Hk	5,1	PTv	343		
SPU	5480	siHk	23				SPU	102,6	Hk	4,5
XPS	5530	Si	24,5		Hk	2,4	XPS	10,5	Hk	6,0
TML	5720	Si	23,8	0			MTv	124		
Vert 2	5800	hkSi	21,4							

Taulukko 2. Tullissa käytettyjen eristemateriaalien ominaisuuksia.

Materiaali	Kuiva- tiheys	Tilavuusvesi- pitoisuus $w_{til}$ , %	Arvioitu jäätynyt lämmönjohtavuus $\lambda_{mit}$ W/Km	Toteutunut läm- mönjohtavuus $\lambda_{tot}$ W/Km
KSr	300	7	0,2	0,2
Tv (KTv)	300	10	0,5	0,7
SPU	40	4	0,035	0,035
XPS	38	0,4	0,035	0,035
Tv (MTv)	200	60	1,0	1,0

### 3.1.5. Routasuojausmateriaalien kokoonpuristuminen

Tullin koekohteessa mitattiin eri syvyyksiin asennetuista painumatarkistimista routasuojauskerroksen ylä- ja alapinna liikettä vuosina 1987-89 ja uudelleen vuosina 1999 ja 2000. Tuloksista määritettiin materiaalikerroksen kokoonpuristuma. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Taulukon mukaan Paaliturpeen ja maalaatikkoturpeen painumat vastaavat päällysteen painumaa (vrt. kuva 23). Muilla rakenteilla päällysteen painuma oli vähäistä. Moreenikerroksen kokoonpuristumahavaintoa ei tue päällysteen painuma.

*Taulukko 3. Tulli. Koeosuuksilla mitatut suojausmateriaalikerroksen pysyvät kokoonpuristumat vv. 1987-2000.*

Rakenne	Materiaali	Paksuus mm	Kerroksen kokoonpuristuma	
			mm	%
Moreeni	Moreeni	1860	66/40	3,5/2,1
Hydromatto+moreeni	Moreeni	1000	0/10	0/1,0
Kevytsora*)	Kevytsora	500	0/55	0/11
Paaliturve	Turvepaali	450	75/60	17/13
Eristelevy*)	Polyuretaani	100	20	20
Eristelevy*)	Polystyreeni	100	0	0
Turvemaalaatikko	Paikall. turve	800	100/90	13/11

\*) mitattiin vain tienpinnan ja materiaalikerroksen alapinnan kokoonpuristuma

Todettiin, että kivennäisaineksesta määritetyt kokoonpuristumat olivat vähäisiä. Suuria kokoonpuristuman arvoja mitattiin turvekerroksissa. Paikalla vaahdotetun polyuretaanin lujuus ei ilmeisesti ollut riittävän korkea sen kuormituksiin nähden. Kerroksen toiminta routaeristeenä oli edelleen hyvä 14 vuoden jälkeen, sillä sen kostuminen on ollut suhteellisen vähäistä (noin 4 til-%).

Maalaatikon turvekerroksen ennakkokorotus oli rakennusvaiheessa 200-300 mm. Se on painunut käyttöaikana noin 100 mm ollen edelleen koholla.

### 3.1.6. Routasuojatun rakenteen kantavuus

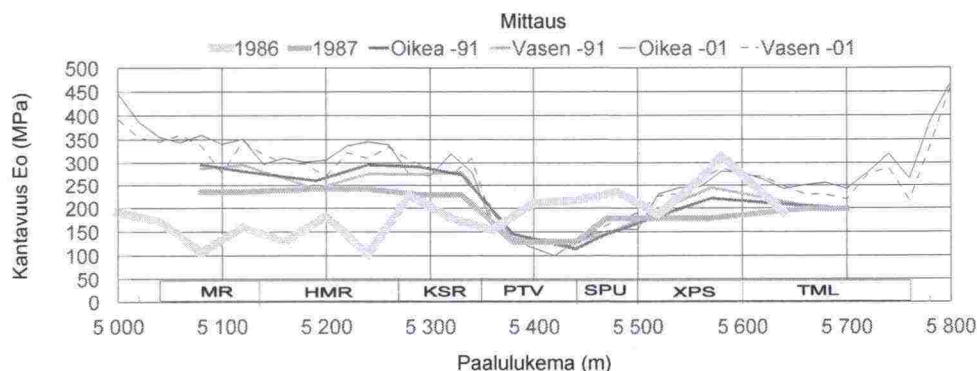
Tullin koekohteessa ei vanhalla tiellä havaittu kantavuuspuutteista johtuvia ongelmia.

Koerakenteet mitoitettiin pohjamaan kantavuusluokka ja päällysrakenne-materiaalien ominaisuudet huomioonottaen niin, että kevätkantavuuden tuli olla yli 140 MPa, minkä arvioitiin tarkoittavan, että kesäkantavuus olisi yli 170 MPa.

Kantavuus mitattiin rakentamisen jälkeen, syksyllä 1987, levykuormituskokeella. Vuonna 1991 kantavuusmittaus tehtiin Oulun yliopiston pudotuspainolaitteella. Syyskuussa 2001 tehtiin kantavuusmittaus Lapin tiepiirin KUAB-



laitteella (liite 2). Tavoitekantavuus saavutettiin levykuormituslaitteella mitattuna jo rakentamisen jälkeen muilla osuuksilla paitsi paaliturverakenteella, missä kesäkantavuus oli noin 130 MPa. Pudotuspainomittausten mukaan rakenteessa oli havaittavissa kantavuuden kasvua 1990-luvulla. Paaliturveosuuden kantavuudet olivat alhaisia koko ajan (vrt. kuva 24).

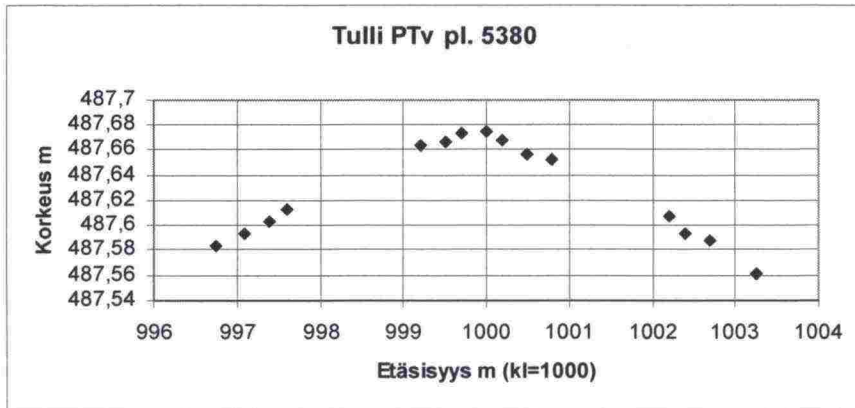


Kuva 24. Kesäkantavuusmittausten tuloksia vuosilta 1987, 1991 ja 2001.

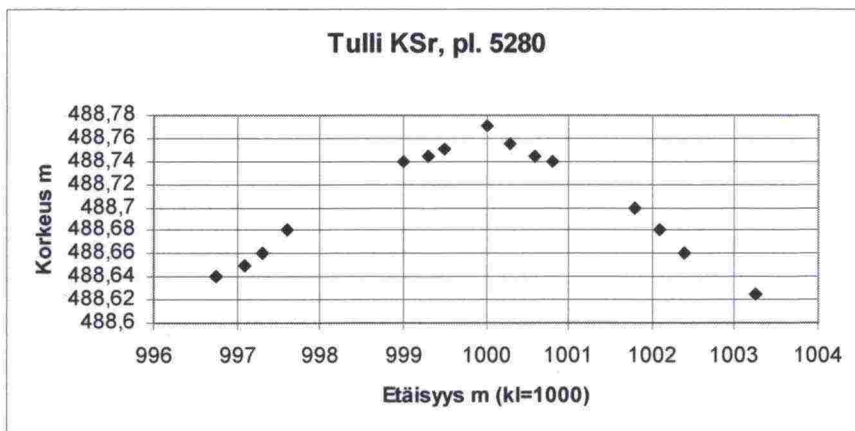
### 3.1.7. Tullin koeosuuksien urautuminen

Syksyllä 1998 ilmoitettiin, että paaliturveosuudella oli havaittu päällysteen urautumista. Samaan aikaan oli käynnissä maanajo Kilpisjärvellä tehtävään tierakennustyöhön liittyen. Tiellä tehtiin päällysteen urautumisen vaaitus poikkileikkauksittain loppusyksyllä, ennen maan jäätymistä. tyypillisiä profiileja on esitetty kuvissa 25 - 26. Niiden mukaan voitiin havaita, että suurin uran syvyys oli noin 14 mm paaliturveosuudella. Muuallakin havaittiin urautumista, mutta vähemmän (kuva 27 - 28). Urautuminen lienee tapahtunut turvekerroksen yläosassa tai jakavan kerroksen alaosassa. Urasyvyyden keskiarvoa eri koerakenteilla on esitetty kuvassa 28. Sen mukaan suurin ulkouran keskiisyvyys oli paaliturverakenteella, polyuretaanirakenteella ja maalaatikoturverakenteella.

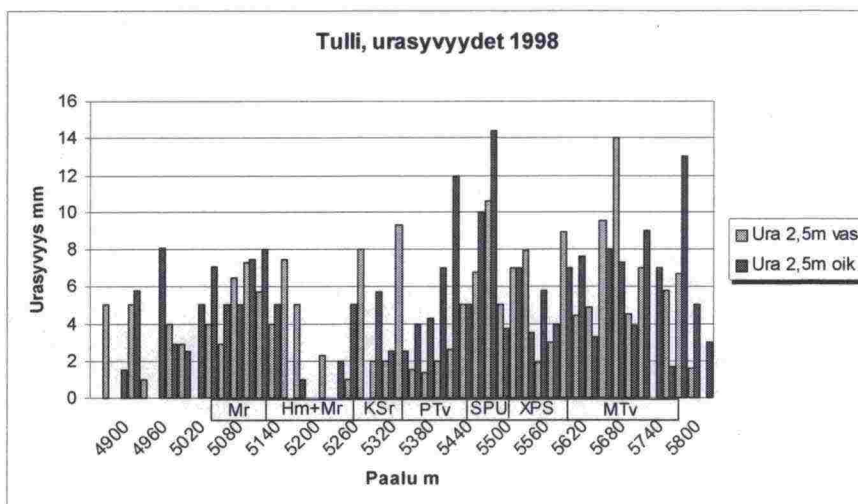
Urautuminen vaaittiin pyöräurien kohdalla. Tällainen, kapeahko ura syntyy pienellä syvyydellä päällysteen alla. 0,5-1 metrin syvyydellä tapahtuva urautuminen aiheuttanee laajemman painuman. Näin ollen havaittu urautuminen kuvastanee pääasiassa pintakerrosten deformaationkestävyyttä.



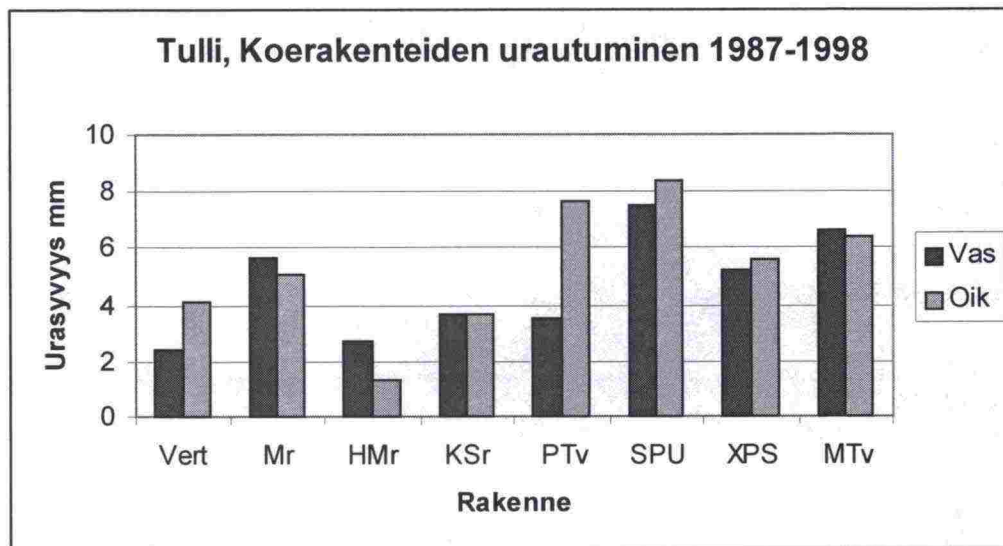
Kuva 25. Tulli, paalu 5380 (Paaliturve). Poikkileikkausvaaitus syksyllä 1998.



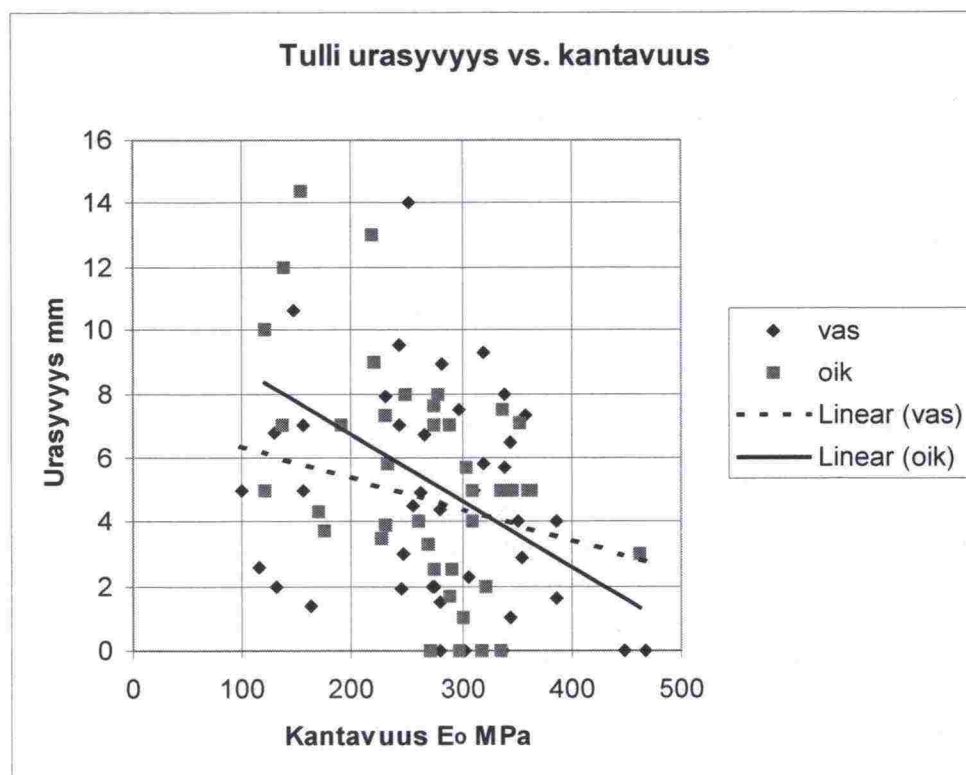
Kuva 26. Tulli, paalu 5280 (Kevytsora). Poikkileikkausvaaitus syksyllä 1998.



Kuva 27. Tulli. Uraisyvyys oikeassa ja vasemmassa ulkourassa syksyllä 1998.



Kuva 28. Tulli. Oikean ja vasemman ulkouran keskisyvyys eri rakenteilla.



Kuva 29. Tulli. Ulkouran syvyys kantavuuden suhteen.

Kuvan 29 mukaan urasyvyys vaihteli eri kantavuustasoilla suuresti. Kuitenkin havaittiin, että urasyvyys keskimäärin pieneni kantavuuden kasvaessa molemmilla kaistoilla.

Tullikonttorin antamien tietojen mukaan oli Norjan ja Suomen välisen tullin kautta Suomeen tullut raskasta liikennettä syys-lokakuussa 1998 noin 11739 tonnia, ja Suomesta lähtenyt noin 16467 tonnia. Tiemestarin ilmoituksen mukaan oli maanajoa samaan aikaan tehty noin 98 000 tonnia. Kes-



kivuorokausiliikenne on Kilpisjärvellä vuonna 2001 noin 680, josta raskasta liikennettä noin 10 %. Näillä luvuilla arvioiden saatiin arvioksi kuormituskertaluvusta Tullin koeosuuksilla vv. 1987-97 taulukon 4 mukaiset arvot. Taulukossa on arvioitu sitä kuormituskertalukua, jolla urasyvyys keskimäärin ylittää 20 mm sekä tätä kuormituskertalukua vastaavaa aikaa (uudelleen päällystämiseksi).

*Taulukko 4. Tulli. Koerakenteiden kestoikä urasyvyyden kasvaessa arvoon 20 mm.*

Rakenne	KVL/R 1987-1998	KKL syksy 1998	Urasyyvyys mm	KVL/R (uras.20 mm)	Kestoikä vuotta
Vertailu	300 000	5000	3	$2 \cdot 10^6$	80
Mr	300 000	5000	5	$1,2 \cdot 10^6$	50
HMr	300 000	5000	2	$3 \cdot 10^6$	120
KSr	300 000	5000	4	$1,5 \cdot 10^6$	60
PTv	300 000	5000	6	$1 \cdot 10^6$	40
SPU	300 000	5000	8	$0,8 \cdot 10^6$	30
XPS	300 000	5000	5	$1,2 \cdot 10^6$	50
MTv	300 000	5000	6	$1 \cdot 10^6$	40

### 3.1.8. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001

Päällysteen vauriokartoitus oli tehty 1990-luvun lopulla. Vaurioituminen ei ollut lisääntynyt. Routanousut oli vaaittu, samoin oli tehty havaintoja roudan syvyydestä. Tarkastuksessa todettiin, ettei osuuksia ollut tarvinnut päällystää uudelleen.

Kaivojen kannet olivat painuneet pintaa alemmaksi, joten ne jouduttiin purkamaan syksyllä 2000. Todettiin, että kaivoissa olleiden painumatarkistimien korkeudet oli vaaittava tienpinnan suhteen. Tämän työmaa teki ennen purkua siten, että tien pinnan taso kaivon vierellä sekä kaivon kehyksen yläpinnan taso vaaittiin, ja painumamittarien sekä niiden suojaputkien yläpään korkeudet kehyksen yläpinnasta mitattiin.

Syyskuussa 2001 todettiin, että osuus oli edelleen päällystämättä, ja vain kaivojen kohdat oli paikattu. Käynnin aikana Tullin koeosuudella tehtiin kantavuusmittaukset Tieliikelaitoksen KUAB-pudotuspainolaitteella.





*Kuva 30. Tullin routasuojauskohde. Päälyste moreenirakenteen kohdalla ja tarkastuskaivon kansi.*

### 3.1.9. Johtopäätökset ja suositukset

Seurantatutkimusten ja -havaintojen perusteella voitiin todeta seuraavaa:

- routanousu saatiin rajoitetuksi koerakennusosuudella tasolle, joka on noin 50 mm kerran 10 vuodessa toistuvana pakkastalvena
- turvemaalaatikkorakenteen routanousu oli vuosittain 50-100 mm. Tämän arvioitiin johtuvan veden kyllästämän turpeen jäätymislaajenemisesta, eikä se ollut pohjamaan routimisesta johtuvaa.
- mitoituksen perusteena käytettiin aikaisempina talvina mitattua (suurinta) routanousua, jonka perusteella arvioitiin pohjamaan routimiskerroin. Routasuojausrakenteen mitoitettiin osuuden pohjamaalle määritetyn routimiskertoimen mukaan mitoitustalven pakkasmäärälle. Menettely osoittautui toimivaksi, sillä rakenteet routivat rajoitetulla tavalla. Menetelmä on periaatteessa sama kuin TPPT-tutkimuksissa julkaistu routasuojauksen mitoitustapa.
- koerakennetuista routasuojausmateriaaleista lievästi routiva moreeni, kevytsora sekä polystyreeni osoittautuivat sekä lämmöneristyskyvyn että mekaanisten ominaisuuksiensa kannalta hyviksi routaeristeiksi. Paaliturveosuudella havaittiin urautumisen kasvua, mikä viittaa koko tierakenteen kestävyyspuutteeseen (rakenteen jäykkyys turvekerroksen päällä ei ollut riittävä). Maalaatikkoturveosuudella urautuminen oli vähäisempää. Polyuretaanirakenteen kantavuus oli alhainen, mutta urautumista ei ollut merkittävästi havaittavissa.
- eristemateriaalien kostuminen oli suhteellisen vähäistä. Kuivatus oli hyvin toimiva.

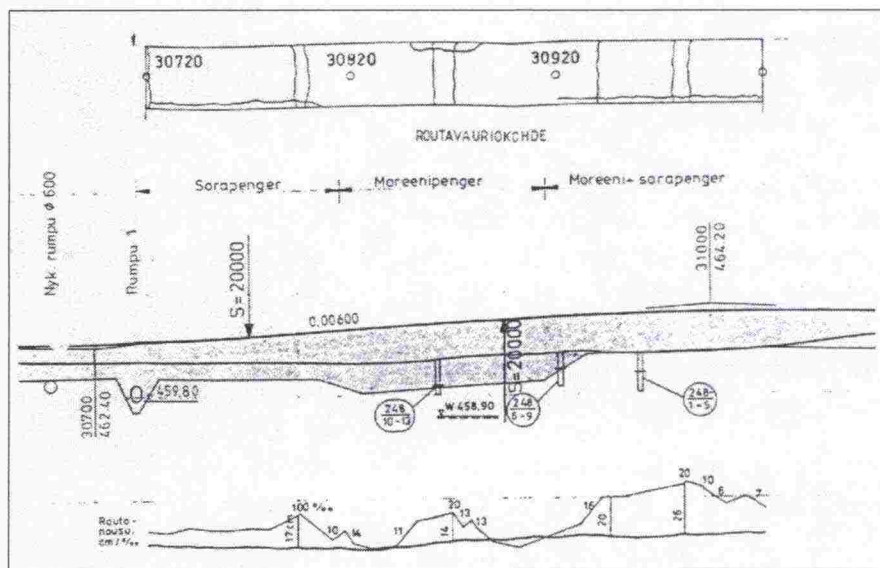
- rakenteiden vaurioituminen oli vähäistä urautumisen suhteen. Päällysteiden vauriot olivat pääasiassa poikkihalkeamia, ja ne keskittyivät koerakenteiden siirtymäkohtiin.

### 3.2. Routasuojaus, Peera

#### 3.2.1. Pohjamaan routivuus vanhan rakenteen tutkimusten mukaan

Ennen rakentamista tehtyjen routanousuväitusten mukaan oli routanousu sorarakenteen kohdalla, paaluvälillä 30720-30820, suurimmillaan 170 mm ollen pääosaltaan 100-150 mm. Moreenirakenteen kohdalla, paaluvälillä 30820-30920, routanousu oli osuuden keskellä 100-140 mm, ja moreeni+sorarakenteen kohdalla, paaluvälillä 30920-31100 suurimmillaan noin 260 mm, vaihdellen välillä 200-260 mm. Päällysteiden routavauriot olivat poikkihalkeamia routanousun taitekohdilla ja pituushalkeilua päällysteiden reunoilla (kuva 31).

Pohjaveden pinta oli ympäröivällä suoalueella ennen koerakentamista alle metrin syvyydessä maanpinnasta tasolla noin +461 ja rakentamisen jälkeen noin 2-3 metrin syvyydessä koerakenteiden pinnasta.



Kuva 31. Vanhan päällysteiden vauriot, routanousu ennen koerakentamista ja rakenteiden sijoittuminen.

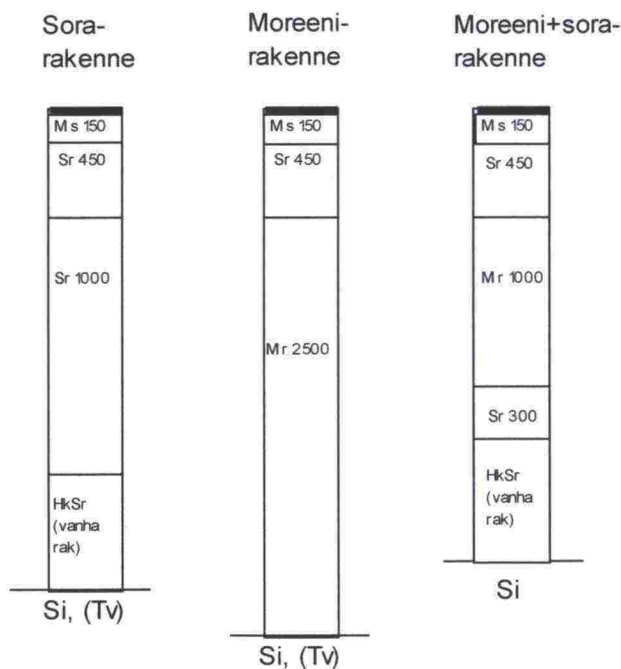
#### 3.2.2. Koerakenteet

Koerakenteet tehtiin kivennäismaasta niin, että niiden routanousu olisi havaintojen perusteella arvioidun routivuuden perusteella mitoitustalvena  $F_{10}$  52 000 Kh noin 50-60 mm. Routasuojaus tehtiin käyttäen soraa tai moreenia. Koerakenteet olivat seuraavat (kuva 32):

- sorarakenne, jossa jakava kerros sorasta tehtiin pääosin vanhan päällysrakenteen päälle, rakenteen kokonaispaksuuden ollessa noin 2,8 metriä

- moreenirakenne, jossa jakavan kerroksen alaosa ja eristyskerros tehtiin paikallisesta moreenista rakenteen kokonaispaksuuden ollessa noin 3,1 metriä

- moreeni+sorarakenne, jossa jakavan kerroksen alaosa tehtiin paikallisesta moreenista ja sen alle eristyskerros sorasta vanhan tiepenkkeen alaosan päälle rakenteen kokonaispaksuuden ollessa noin 2,7 m.

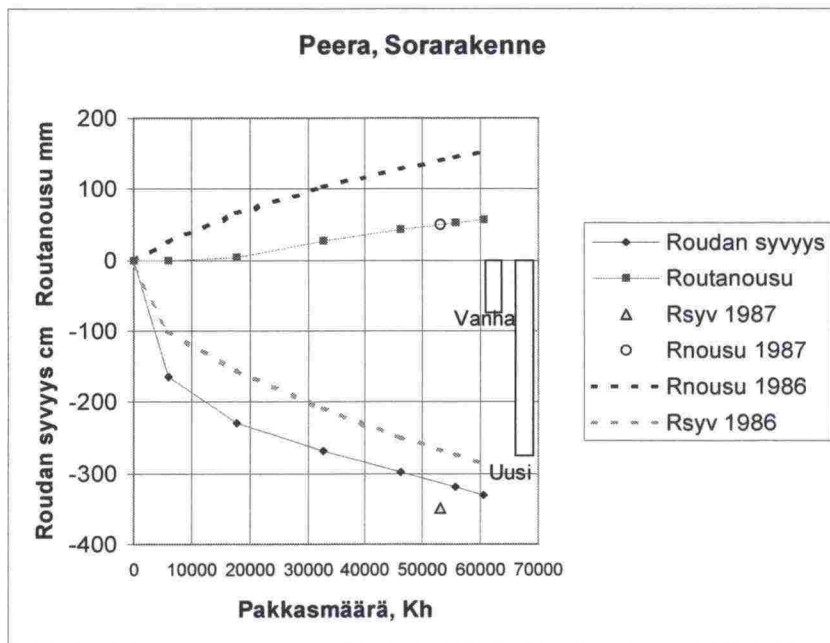


Kuva 32. Peera. Routasuojauksen koerakenteet.

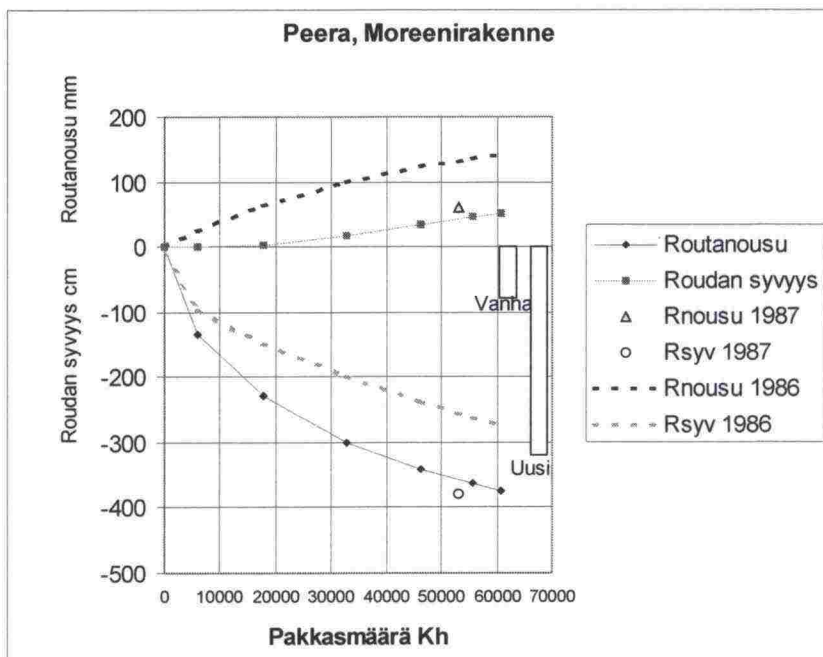
### 3.2.3. Koerakenteiden routanousu vs. mitoitus rakentamisen jälkeen

Roudan tunkeutumisyyvyyttä ja routanousua eri koerakenteilla pakkasmäärän suhteen on esitetty kuvissa 33 - 35. Samoihin kuviin on merkitty havaittuja routanousun ja roudan syvyyden arvoja rakentamisen jälkeen.

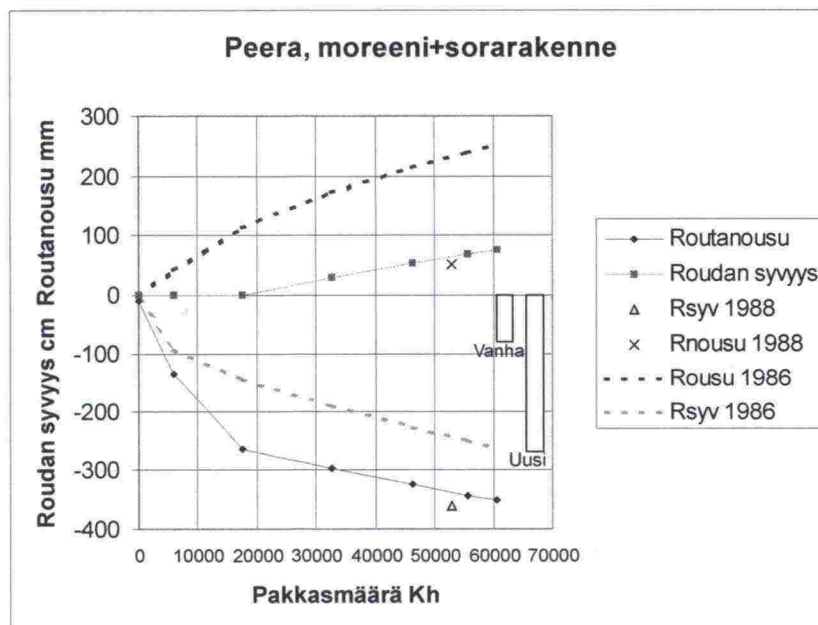




Kuva 33. Peera, sorarakenne. Routanousu ja roudan syvyys eri pakkasmäärillä. Keskimääräinen pakkasmäärä (1961-90) vastaa arvoa 47 000 Kh, kerran 5 vuodessa toistuva minimiarvo on 41 100 Kh ja kerran 10 vuodessa toistuva maksimi noin 55 000 Kh. Roudan syvyys ja routanousu 1986 vastaavat tilannetta ennen rakentamista.



Kuva 34. Peera, moreenirakenne. Routanousu ja roudan syvyys eri pakkasmäärillä. Keskimääräinen pakkasmäärä (1961-90) vastaa arvoa 47 000 Kh, kerran 5 vuodessa toistuva minimiarvo on 41 100 Kh ja kerran 10 vuodessa toistuva maksimi noin 55 000 Kh. Roudan syvyys ja routanousu 1986 vastaavat tilannetta ennen rakentamista.



Kuva 35. Peera, moreeni+sorarakenne. Routanousu ja roudan syvyys eri pakkasmäärillä. Keskimääräinen pakkasmäärä (1961-90) vastaa arvoa 47 000 Kh, kerran 5 vuodessa toistuva minimiarvo on 41 100 Kh ja kerran 10 vuodessa toistuva maksimi noin 55 000 Kh. Roudan syvyys ja routanousu 1986 vastaavat tilannetta ennen rakentamista.

### 3.2.4. Koerakenteiden routanousu vs. mitoitus jälkiseurannassa

Routanousua ei vaaittu 1990-luvulla. Talvien ollessa leudompia vuoden 1988 jälkeen verrattuna rakentamisaikaan voitiin otaksua, että routanousu on pysynyt alhaisempana kuin talvina 1987-88.

### 3.2.5. Mitoitusmenetelmän toiminta

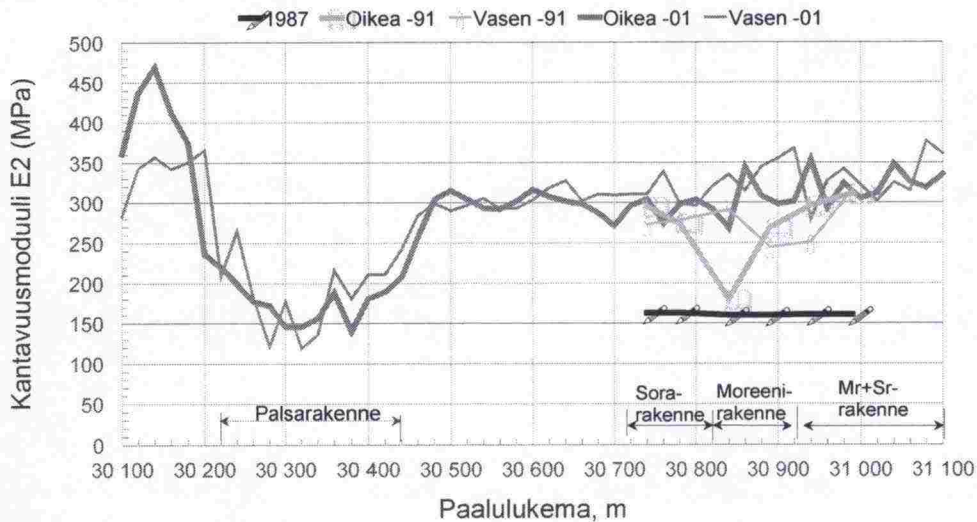
Mitattu roudan syvyys oli hiukan suurempi kuin kerrosominaisuuksilla laskettu roudan syvyys. Ero oli rakentamisen jälkeen 0,2-0,3 metriä. Mitattu routanousu vastasi kohtuullisesti laskettua rakentamisen jälkeisinä kovina pakkastalvina. Toetutuneen routanousun arviointia vaikeutti mm. päällysrakennekerrosten jälkipainuma sulamisaikana.

### 3.2.6. Routasuojatun rakenteen kantavuus

Kantavuusmittaukset tehtiin rakentamisen jälkeen kesällä 1987 levykuormitus-kokeella. Peeran koerakenteilla tehtiin kantavuusmittaukset Oulun yliopiston pudotuspainolaitteella kesällä 1991. Kantavuusmittaukset uusittiin syyskuussa 2001 Lapin tiepiirin pudotuspainolaitteella (kuva 36). Pudotuspainomittauksen tulokset on esitetty liitteessä 2.

Pinnan kantavuus oli levykuormitusten mukaan rakentamisen jälkeen noin 160 MPa. Pudotuspainomittauksilla saatiin kantavuudeksi 250-300 MPa vuonna 1991. Vuonna 2001 kantavuudet olivat välillä 270-350 MPa. Voitiin

näin todeta, että rakenteiden kantavuus on ajanmittaan pysynyt ennallaan tai parantunut. Urautumista ei pinnassa ole mitattu, muttei myöskään raportoitu. Päällysten epätasaisuus, joka havaittiin rakentamisen jälkeen, ei muuttunut ennen uudelleenpäällistystä.



Kuva 36. Peera. Tienpinnan kantavuusmittaustulokset Routavaurio-osuuksilla ja palsarakenteella.

### 3.2.7. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001

Peeran koeosuudet päällystettiin uudelleen v. 2000. Alkuperäinen, kesällä 1987 tehty päällyste oli epätasainen päällysrakenteen epähomogeenisuuden seurauksena (talvityönä tiivistetyt päällysrakennekerrokset. Epätasaisuus ei ollut merkittävästi muuttunut 1990-luvulla.

Syyskuussa 2001 todettiin uudessa päällysteessä lievää epätasaisuutta. Käynnin aikana tehtyjen kantavuusmittausten mukaan kantavuudet olivat hyvät. Osuus oli hyvässä kunnossa (kuva 37).



Kuva 37. Peeran routavaurio Kilpisjärvelle päin. Taustalla Peeran palsat.



### 3.2.8. Johtopäätökset ja suositukset

Peeran koerakenteiden perusteella voitiin havaita, että kivennäismaasta tehty routasuojattu tie routii ennakoidulla tavalla. Edelleen havaittiin, että routasuojauksessa voidaan menestyksellisesti käyttää lievästi routivaa moreenia, jota on seudulla runsaasti saatavissa. Alle tehdyn kuivatuskerroksen vaikutusta moreenin routimiseen ei voitu osoittaa. Rakentamisessa todettiin talvirakentamisen ongelmat: jäätyneen maan tiivistämisestä rakenteeseen seuraa tienpinnan epätasaisuus rakenteen sulaessa. Epätasaisuus ei myöhemmin kasvanut, mutta se poistui vasta tietä uudelleen päällystettäessä.

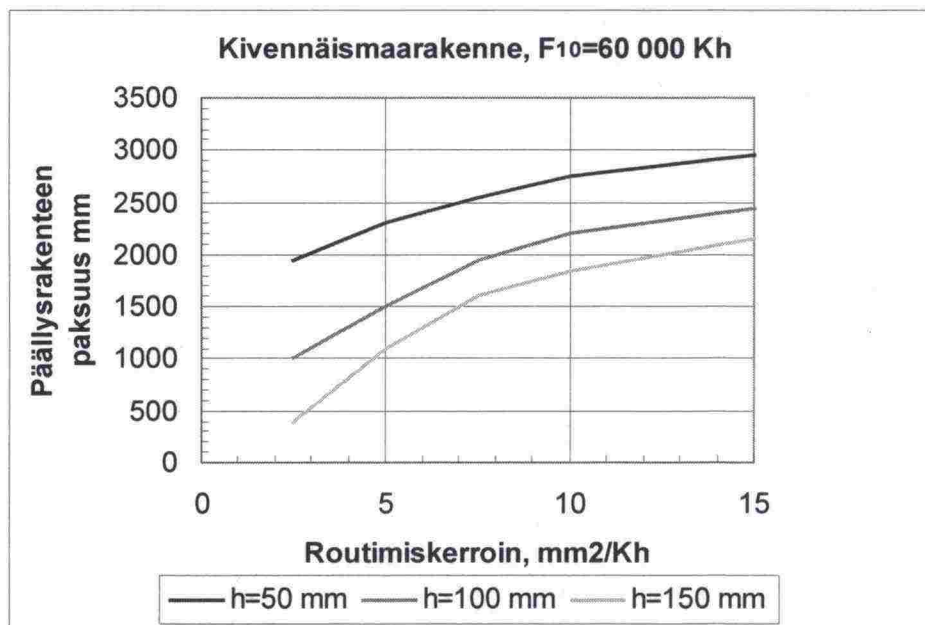
Pohjavedenpinta oli suolla lähes maanpinnassa. Korjausrakenteen vaikutuksesta sen arvioitiin hiukan laskeneen.

### 3.2.9. Tien routasuojauksen mitoitus valtatie 21 olosuhteissa

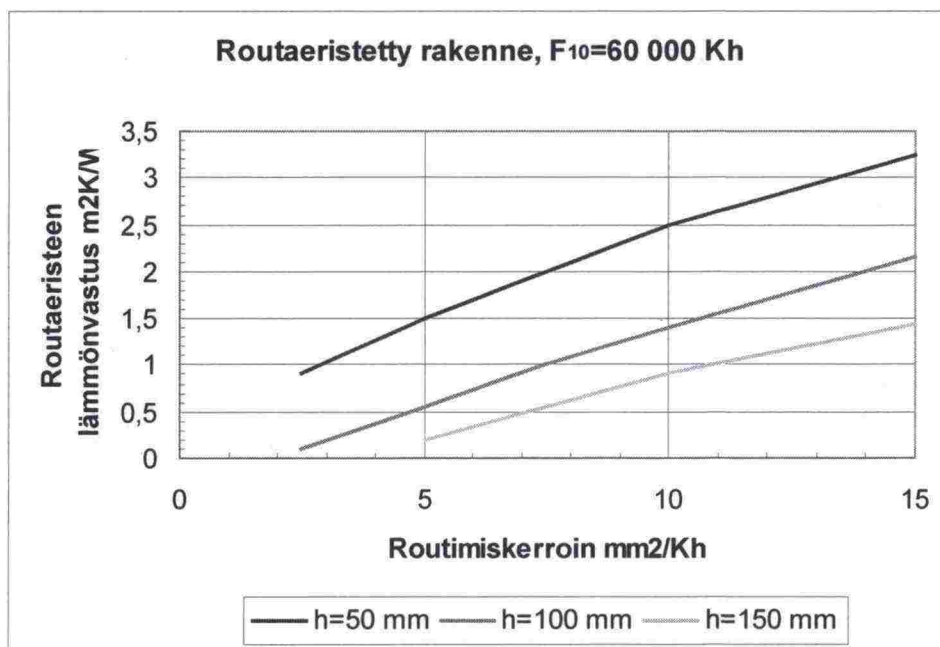
Edellä esitetyt koerakenteet mitoitettiin pakkasmäärällä 52 000 Kh, joka oli kerran 10 vuodessa toistunut suurin pakkasmäärä havaintokaudella 1931-60. Havaintokauden 1961-90 havaintojen mukaan vastaava maksimipakkasmäärä oli noin 60 000 Kh.

Teiden pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelmassa (TPPT) laadittiin tierakenteen routamitoitusohjeet (Saarelainen 2002), joissa on esitetty perusmitoitus kivennäismaasta tehdylle, tavanomaiselle tierakenteelle sekä routaeristetylle rakenteelle, jossa routaeristeenä on suhteellisen kuiva materiaali, esimerkiksi solumuovi tai kevytsora. Ohjeen perusteella laaditut mitoituskäyrästöt on esitetty kuvissa 38 ja 39. Jos eristeenä käytetään vesipitoista materiaalia kuten turvetta, jolla on merkittävä jäätymisvastus lämmöneristyskyvyn lisäksi, on tällaisen eristerakenteen mitoitus tehtävä materiaaliakohtaisesti.

Routimiskerroin määritetään tien routanousuhavaintojen perusteella TPPT-menetelmäkuvausten "Routimiskertoimen määrittäminen" (Saarelainen 2001) mukaisesti, jolloin tarvitaan tietoa mm. vanhan rakenteen paksuudesta ja havaintotalven pakkasmäärästä.



Kuva 38. Kivennäismaarakenteen paksuus pohjamaan routimiskertoimen ja tienpinnan routanousun suhteen, kun pakkasmäärä on 60 000 Kh.



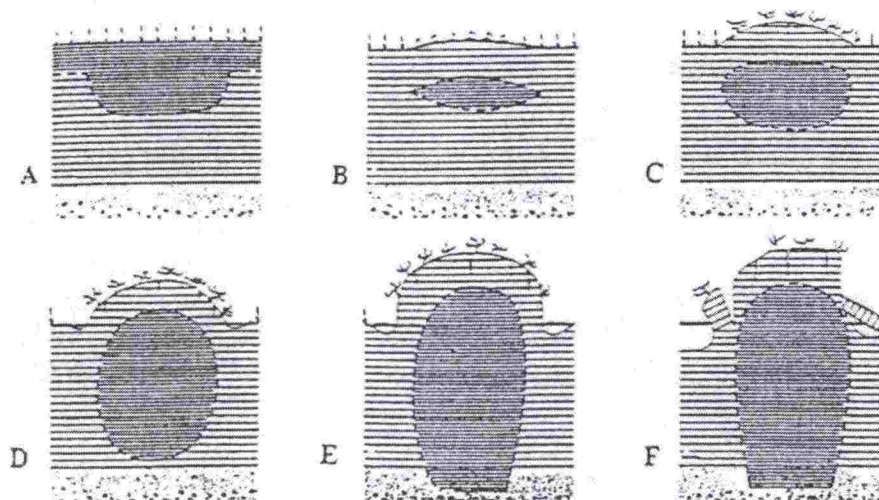
Kuva 39. Routaeristeen lämmönvastus routaeristetyssä tierakenteessa pohjamaan routimiskertoimen ja tienpinnan routanousun suhteen, kun pakkasmäärä on 60 000 Kh.

### 3.3. Peeran palsa, korjausrakenne ikiroudalla

#### 3.3.1. Tierakentamisen ongelmat ikiroudalla

Kausittaisen roudan alueella pohjamaa on routakerroksen alla sula, kun taas ikirouta-alueella pohjamaa on jäässä. Jos ikirouta on routinutta, jääpitoista, sen sulaminen aiheuttaa maan kokoonpuristumista ja painumia ikiroudan varaan perustetuissa rakenteissa.

Ikiroudan esiintymisen edellytyksenä on, että maanpinnan keskilämpötila on jäätympisteen  $0^{\circ}\text{C}$  alapuolella. Maasto on talvella lumen peitossa, mikä pienentää pakkasen vaikutusta. Keväällä ja kesällä taas pintaa lämmittää auringon säteily ja lämmin pintavesi. Tämän vuoksi ikiroudan pysyvyyden kannalta ilman vuotuisen keskilämpötilan on oltava merkittävästi jäätympisteen alapuolella, havaintojen mukaan alle  $-2...-3^{\circ}\text{C}$ . Näillä raja-alueilla ikirouta näkyy suolle syntyneinä, turvepeitteisinä ja jääsydämisinä kumpuina, palsoina, joille talvella kertyy vähän lunta, ja jotka lämpenevät kesällä vähän turvepeitteen eristysvaikutuksen vuoksi (kuva 40). Ikiroutaa voi olla myös kalliossa tuntureilla. Kallion ikiroudalla ei ole ollut merkitystä tienpidossa.



A Sulamiskauden alku lumen sullettua suolta

B Ensimmäisen sulamiskauden loppu, jolloin routaa on jäänyt sulamatta turpeessa

C Palsa-alkio

D Nuori palsa

E Täysikasvuinen palsa

F Vanha, sortuva palsa

Kuva 40. Periaatekuva palsan synnystä (Seppälä 1982)

Suomessa palsoja esiintyy Käsivarressa ja Utsjoen Lapissa seuduilla, missä ilman vuotuinen keskilämpötila on alle  $-2,5$  a'  $-3^{\circ}\text{C}$  (kuva 41).

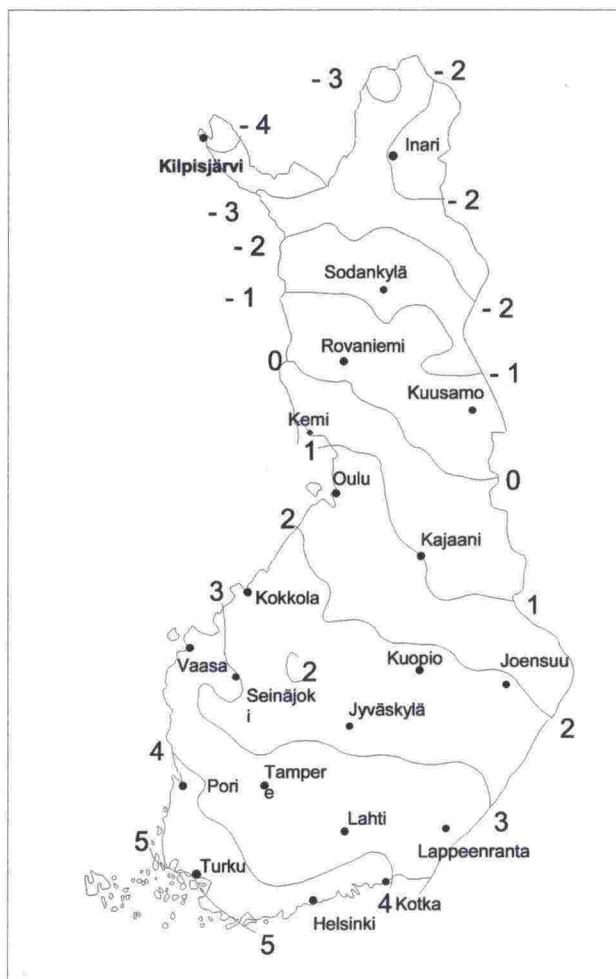


Tierakenteen sulamista voidaan vähentää rajoittamalla maan pintaosan jäätymis- ja sulamissyvyyttä. Maan pinnassa olevat rakenteet, kuten tiet, voivat nostaa maan pinnan lämpötilaa kesäaikana, ja lumen poisto talvella paljastaa päällysteen ja alentaa pintalämpötilaa talvella. Lumen kasaus tien viereen ja luiskaan pienentää lämpötilan vaihtelua näillä alueilla. Edelleen veden lammikoituminen tien viereen voi aiheuttaa sulamista myös alla olevassa ikeiroudassa.

1980-luvun lopulla tehtiin Arktinen tie-tutkimukseen liittyen koerakenne, jossa selvitettiin keinoja sulamispainuman pienentämiseksi. Koerakennetta on kuvattu julkaisussa (Kivikoski 1990).

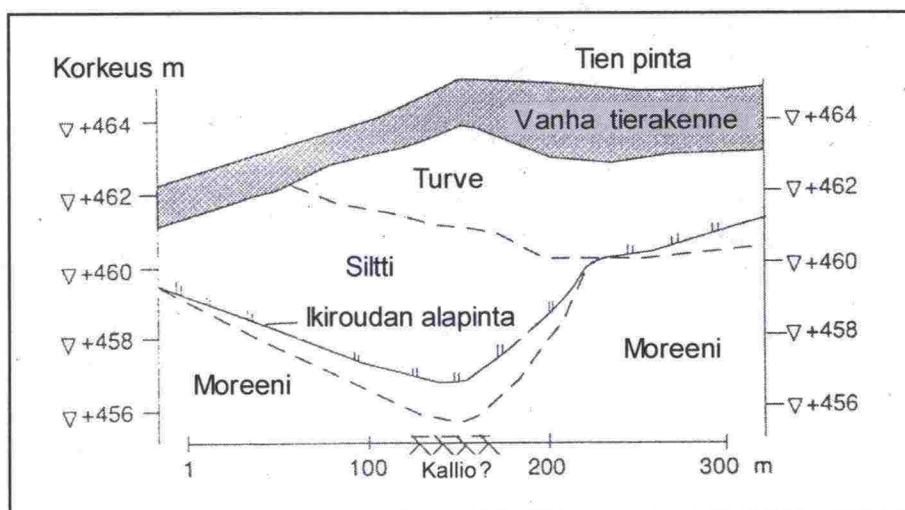
### 3.3.2. Paikalliset olosuhteet

Ilman vuotuisen keskilämpötilan arvioitiin olevan  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (kuva 41). Pakkasmäärän arvioitiin olevan keskimäärin noin  $42\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kerran 10 vuodessa toistuvan suurimman pakkasmäärän noin  $50\ 000\text{ h}^{\circ}\text{C}$ , ja kerran 50 vuodessa toistuvan, suurimman pakkasmäärän noin  $60\ 000\text{ h}^{\circ}\text{C}$ . Kesäajan ilman lämpöastesumma oli vastaavasti noin  $25\ 000\text{ h}^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 41. Kohteen sijainti (Kilpisjärvi). Kartalla on esitetty ilman vuotuisen keskilämpötilan arvoja ilmastokaudella 1961-90).

Koekohde sijaitsi suoalueen reunassa, jossa oli havaittavissa muitakin palsakumpuja. Ikiroudan alapinta oli tutkimusten mukaan noin 7-8 metrin syvyydessä (kuva 42). Vanhan tierakenteen alla oli sulanut turvetta noin 2 metriä. Ikiroudan pinnalla oli jäätyntä turvetta noin 1-2 metrin paksuudelta, ja alla oli jäätyntä siltti, joka syvemmillä muuttui moreeniksi. Kallion pinta oli luotausten mukaan noin 10 metrin syvyydessä.



Kuva 42. Vanhan tierakenteen pituusleikkaus Peeran palkan koeosuudella.

Vanha tie oli rakennettu muinaiselle kuljetusreitille toisen maailmasodan aikaan. Tie oli päällystetty öljysoralla v. 1962. Sulamispainumaa oli syntynyt vv. 1962-1987 noin 1,8 metriä, mikä ilmeni öljysorakerroksen kokonaispaksuutena (kuva 43). Paksuus ilmeni, kun vanhaa tierakennetta paljastettiin uuden päällysrakenteen rakentamista varten. Öljysorakerros oli syntynyt, kun tietä oli vuosittain tasattu sulamispainuman eliminoimiseksi.

Jäätyneestä turpeesta ikeroutakerroksessa otetuilla näytteillä määritettiin sulamiskokoonpuristumaksi laboratoriossa noin 70 %. Jos sulamispainuma oli 1,8 metriä, niin sulaneen turpeen paksuus olisi ollut noin 2,5 metriä. Tällöin olisi vuotuinen sulamissyvyyden kasvu ollut noin 100 mm, ja vastaava pinnan sulamispainuma noin 70 mm. Sulamisvauriot olivat suurimmat palkan reunaosilla tien siirtyessä palsalta sulalle ja kovalle maalle.

### 3.3.3. Koerakenne

Koerakentamisella pyrittiin hakemaan menetelmää, jolla sulamispainumat voitaisiin rajoittaa siedettävälle tasolle.

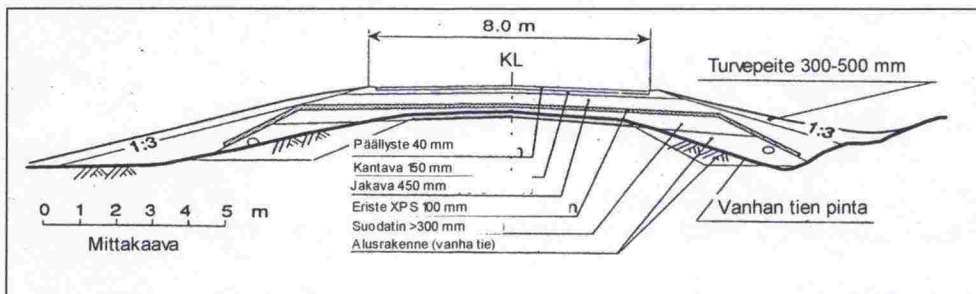




Kuva 43. Peeran palsa. Vanha öljysorapäälyste vuonna 1987 (levitetty 1962), paksuudeltaan 1,8 metriä.

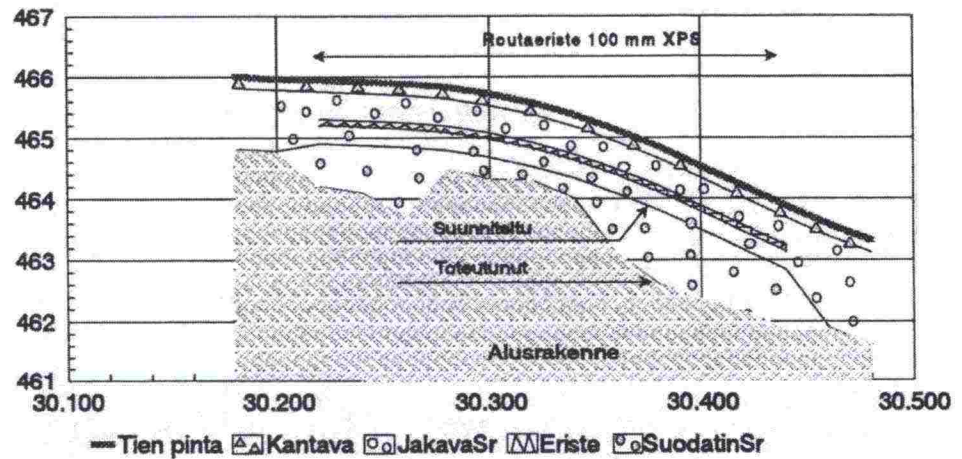
Tähän arvioitiin päästävän periaatteessa joko vaihtamalla jäätynyt turve routimattomaan täytemateriaaliin tai rajoittamalla sulamista lämpöeristetyllä päällysrakenteella. Pinnan lämpenemistä auringon säteilyn vaikutuksesta kesällä pyrittiin vähentämään käyttäen vaaleasta kiviaineksesta valmistettua päällystettä.

Jäässä olevan turpeen kaivu todettiin vaikeaksi ja kalliiksi. Tämän vuoksi koerakenne päätettiin tehdä lämpöeristettynä. Lämpöeristeen paksuus määritettiin lämpötekniisin laskelmin niin, että sulaminen ja jäätyminen pysyy rakennekerroksissa. Talvilämpötilojen tien pinnassa otaksuttiin vastaavan ilman lämpötiloja, kun taas kevään ja kesän pintalämpötilojen otaksuttiin olevan 1,5-kertaiset ilman lämpötiloihin verrattuna. Laskenta tehtiin kolmen vuosisyklin yli. Suunniteltu rakenteen poikkileikkaus on esitetty kuvassa 44, pituusleikkaus kuvassa 45 ja laskentatulokset kuvassa 46.

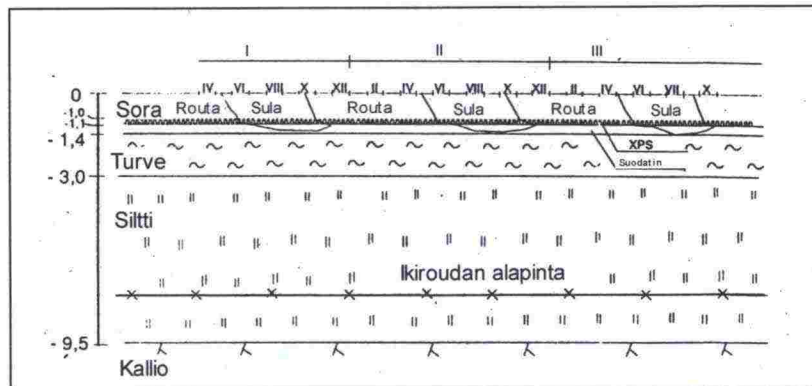


Kuva 44. Tierakenteen poikkileikkaus Peeran palsalla.





Kuva 45. Peera, palsa. Tierakenteen pituusleikkaus.



Kuva 46. Laskettu routaantuminen ja sulaminen suunnitellussa tien rakenneleikkauksessa kolmen vuosikierron aikana Peeran palsalla.

Lämpöeriste, 100 mm suulakepuristettua polystyreeniä (XPS), peitettiin jakavan kerroksen yläosalla ja kantavalla kerroksella sekä päällystettiin öljysoralla. Alapuolelle tehtiin tasauskerros sorasta. Vanhan tien rakennekerrokset levitettiin alusrakenteelle, jossa ne tasasivat ja viivyttivät sulamisen etenemistä eristeen alla. Tien sivulla luiskaan levitettiin turvekerros 0,3-0,5 metriä sulamisen rajoittamiseksi kesäaikana. Öljysora sekoitettiin käyttäen kiviaineksena vaaleata kvartsiittimursketta.

### 3.3.4. Rakentaminen

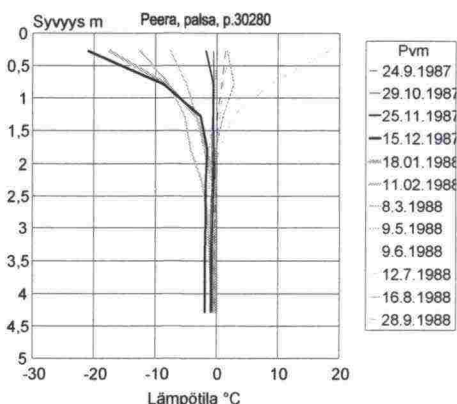
Vanha päällyste poistettiin ja päällysrakenne levitettiin alusrakenteen päälle elokuussa 1986. Rakenne oli alttiina jäätymiselle talvella 1986-87, ja uusi, lämpöeristetty päällysrakenne rakennettiin toukokuussa 1987. Tieosuus päällystettiin elokuussa 1987. Ajoituksella pyrittiin siihen, että pitkäaikaista lämpötasapainoa lähestyttäisiin kylmältä puolelta, ja alkutilanteessa routa olisi maksimoitu.

### 3.3.5. Seuranta

Lämpötilojen kehittymistä seurattiin kahdessa mittausprofiilissa kuukauden välein ajalla 1987-1989. Pisteissä oli myös routaputket, joista määritettiin roudan ja sulamisen syvyys. Tienpinnan liikkeitä mitattiin vaaitsemalla maitoituissa kahdessa pisteessä.

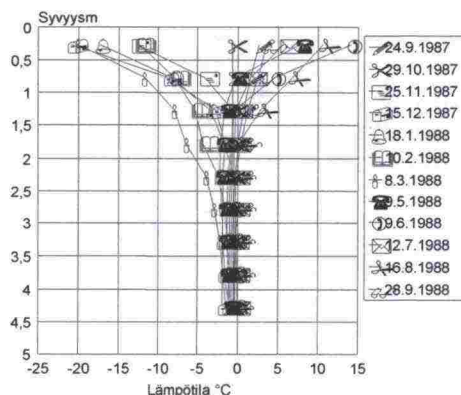
Lämpötilojen vaihtelua routautumis- ja sulamiskaudella 1987-88 on esitetty kuvassa 47. Routautumista ja sulamista samalla ajalla on esitetty kuvassa 48. Havaintojen mukaan rakenne routautui ikeiroudan pintaan asti. Sulaminen eteni 2-2,4 metrin syvyyteen tien pinnasta, kun päällysrakenteen paksaus oli 2-2,2 metriä.

a)

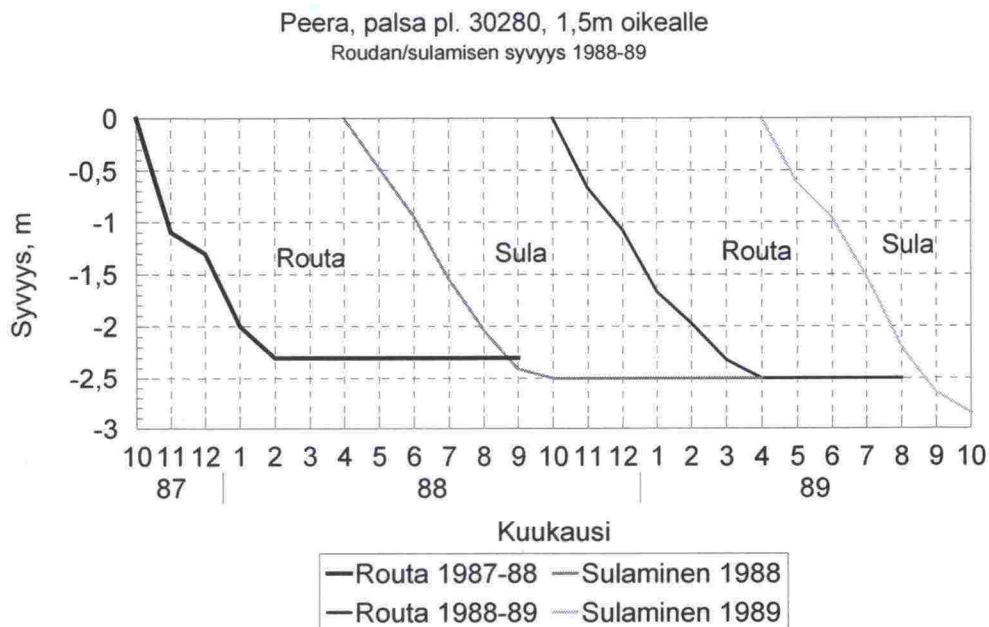


b)

Peera, palsa p. 30320



Kuva 47. Mitatut lämpötilaprofiilit Peeran palsa koerakenteella routautumis-sulamiskaudella 1987-88.



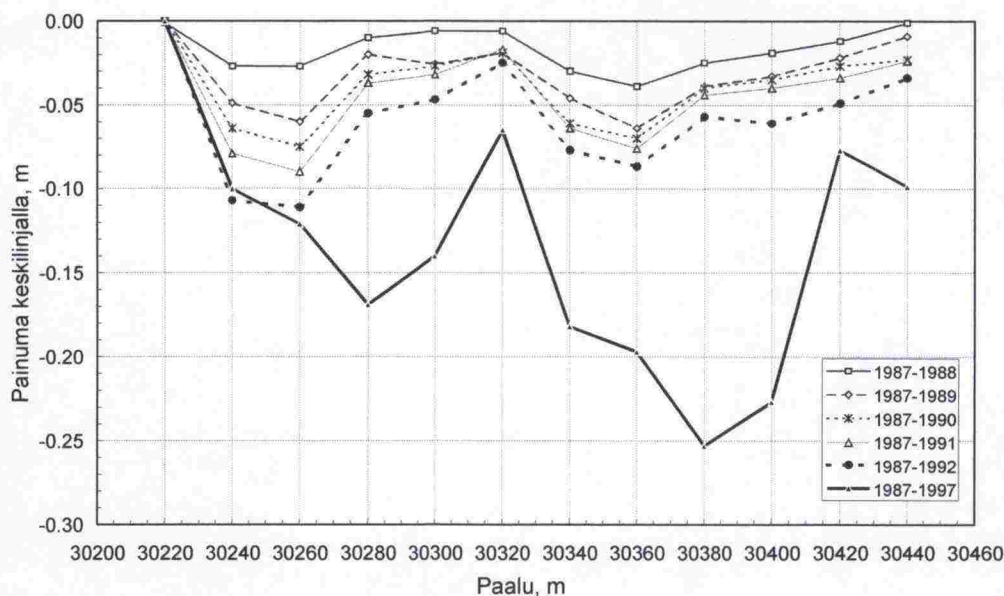
Kuva 48. Mitattu roudan ja sulamisen syvyys ajalla syksy 1987 - syksy 1989 havaintopisteessä paalulla 30280.

### 3.3.6. Painuminen rakentamisen jälkeen

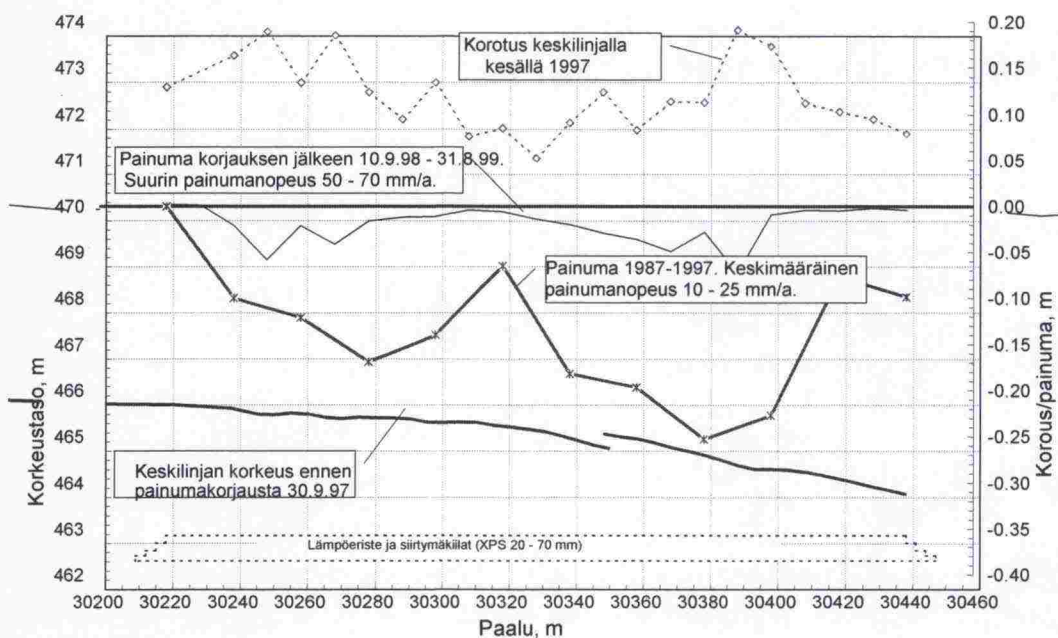
Koerakenteen pinnan painumat korjauksen jälkeen vuosina 1987-89 on esitetty kuvassa 49. Mittausten mukaan painuminen keskittyi palkan ja ympäröivän suoalueen raja-alueelle. Painumanopeus oli 10-30 mm/a. Painumakohtia tasattiin 1990-luvun alussa tummalla öljysoralla. Tämän havaittiin vaaitusten mukaan aiheuttaneen painumisen kiihtymistä. Tienpinta tasattiin ja päällystettiin uudelleen tummalla päällysteellä vuonna 1997. Uuden päällysteen painumavaaituksia on esitetty kuvassa 50. Korotus oli suurimmillaan noin 200 mm. Uuden päällysteen painumanopeus oli suurimmillaan 50 mm/a.

Palsarakenteen päällystettä paikattiin 1990-luvun alussa tavanomaisella, mustalla paikkausmassalla, jolloin vaalean päällysteen vaikutus lakkasi. Tällä lienee osavaikutus painumanopeuteen erityisesti verrattaessa 1980-luvun lopun ja 1990-luvun painumisnopeuksia.





Kuva 49. Koerakenteen keskilinjan mitatut painumat vv. 1987-97.



Kuva 50. Keskilinjan korkeus ennen korjausta 1997, pinnan korotus korjauksessa ja painuminen korjauksen jälkeen.

Painumien perusteella havaittiin, ettei käytetty eristys täysin poistanut pohjamaan sulamista ja sulamispainumaa. Kuitenkin sulamispainuman nopeus aleni tasolta 70-100 mm/a ennen korjausta noin tasolle 30-50 mm/a, näin vähentäen korjaustarvetta merkittävästi. Ensimmäinen koerakenteen uudelleenpäällystys tarvittiin vasta 10 vuoden kuluttua, kun aiemmin pintaa jouduttiin tasaamaan 2-3 vuoden välein.

### 3.3.7. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001

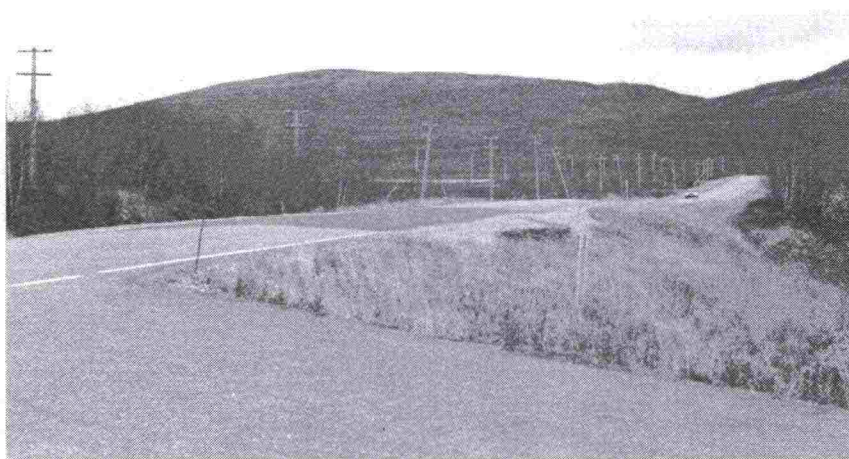
Peeran palsarakenne oli päällystetty alunperin vaalealla öljysoralla. 1990-luvun alussa oli tämän päälle levitetty tumma päällyste. Tämä lienee osasyynä siihen, että sulamispainuman nopeus oli kasvanut korjauksen jälkeisestä arvosta 20-30 mm/a noin arvoon 50 mm/a (ennen korjausta noin 70-80 mm/a).

Tarkastuksessa elokuussa 2000 todettiin painaumien paikkausta tehdyn mustalla massalla 1999-2000 paaluvälillä 30235-250 ja paaluvälillä 30380-390. Painaumia havaittiin lisäksi paaluilla 30270 ja 30340.

Ilman merkittäviä korjaustoimenpiteitä painuminen ilmeisesti jatkuu. Painuminen on ollut suurinta lämpöeristetyin osuuden päissä. Sen rajoittamiseksi olisi mahdollista jatkaa lämpöeristettyä rakennetta pitemmälle molemmissa päissä. Myös tumman päällysteen korvaaminen vaalealla pienentänee sulamispainaumaa.

Pousujärven palsan samoin kuin myös Saarikosken palsan kohdalla oli tehty painumakorjausta päällysteen paikkauksella. Näitäkin kohteita tutkittiin koerakentamista varten, mutta niihin ei 1980-luvulla koskettu. Maastotarkastusten yhteydessä havaittiin, että näissä kohteissa sekä Markkinassa, Kaaresuvannon pohjoispuolella, oli tehty painumakorjauksia. Nämä viitanevat käynnissä olevaan ikiroudan sulamispainumiseen.

Syyskuussa 2001 (kuva 51) havaittiin, että painumia oli taas äskettäin ta-sattu. Kantavuusmittaukset pudotuspainolaitteella tehtiin maastokäynnin aikana. Lämpötilakorjatut kantavuudet olivat pienimmillään noin 120 MPa. Huomattakoon, että sulavalla ikiroudalla olevan tierakenteen kantavuudet olivat kevätkantavuuksia. Todettiin, että seurantamittausten perusteella olisi mahdollista selvittää uudelleenpäällystämisen ajoitusta ja tiheyttä todettujen painuman kulmanmuutosten perusteella.



Kuva 51. Peeran palsarakenne Kilpisjärveltä päin kuvattuna Taustalla Peeran routavauriokohde.



### 3.3.8. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tie routaantui havaintopisteiden mukaan ikiroudan pintaan asti talvikaudella 1987-88. Kesällä 1988 sulaminen ulottui likimäärin yhtä syväälle kuin vanhassa rakenteessa, eli noin 2 metrin syvyyteen. Vanhassa rakenteessa sulaminen eteni jääpitoiseen turpeeseen. Uudessa, lämpöeristetyssä rakenteessa sulaminen lähes kokonaan rajoittui rakennettuun päällysrakenteeseen. Kesän 1988 lämpöastesumma (28 900 Kh) oli korkeampi kuin pitkäaikaiskeskiarvo (25 000 Kh).

Sulamishavaintojen perusteella voitiin määrittää tien pinnan ja ilman keskilämpötilojen suhteelle, n-kertoimelle, arvo noin 1,25, kun kirjallisuudessa esitetään normaalisti arvoa 1,4 (Lunardini 1978). Vastaavat, takaisinlasketut n-kertoimen arvot Peeran routavaurio-osuudella, kohteen lähellä, vaihtelivat välillä 1,33-2,0. Vertailukohteella päällyste oli tummaa öljysoraa. Näin ollen vaalea päällyste vaikutti merkittävästi pintalämpötiloja alentavasti sulamiskaudella, ja näin pienensi sulamissyvyyttä.

Ottaen huomioon auringon säteilyn vaikutus kevät- ja kesäkaudella (Saarelainen 1999) arvioitiin, että päällysteen lämpöastesumma olisi keskimääräisenä kesänä noin 50 000 Kh (vastaisi n-kertoimen arvoa noin 2,0). Tämä tarkoittaisi, että keskimääräisen talven pakkasmäärä (noin 45 000 Kh) on hiukan pienempi kuin pinnan lämpimän kauden lämpöastesumma. Näin ollen sulaminen ulottuu aina hiukan syvemmälle kuin routa ja sulamispainumaa ei voida lopettaa vain routaeristämällä. Alunperin, vaaleasta kiviaineksesta tehdyllä päällysteellä olisi ilmeisesti ollut mahdollista muuttaa tilanne stabiilimmaksi sulamisen etenemisen suhteen.

Havaintojen perusteella voitiin todeta, että käytetty, lämpöeristetty rakenne pienensi merkittävästi haitallista sulamispainumista. Edelleen sulamista voitiin vähentää vaaleasta kiviaineksesta tehdyllä päällysteellä. Eristeen paksaus 100 mm suulakepuristettua polystyreeniä osoittautui tyydyttävästi toimivaksi. Eristeen tulisi olla hitaasti kostuvaa laatua kuten XPS, jolloin pitkäaikainen toimivuus voidaan varmistaa.

Rakenne tulee suunnitella paikallisten pohjasuhteiden ja ilmasto-olojen mukaan. Rakenteen toiminta tulisi laskea 3-5 vuosikierron ilmastorasituksen yli pitkäaikaistoimivuuden arvioimiseksi.

Kilpisjärven olosuhteissa ikiroudan pysyvyys tumman tienpäällysten alla ei näin ole ilmeisesti mahdollinen johtuen siitä, että päällysteen lämpökuormitus kesällä ylittää talven pakkaskuormituksen. Lämpökuormituksen vähentäminen vaalealla päällysteellä todettiin rakentamisen jälkeen tehokkaaksi. Tumman päällysteen alle olisi mahdollista järjestää jäähdytys esimerkiksi termosifonitekniikalla. Korjausvaiheessa sen arvioitiin kuitenkin olevan kustannuksiltaan korkean. Samoin todettiin ikiroudan poistaminen 5-7 metrin syvyyteen kaivamalla myös käytännössä mahdottomaksi.

Lämpöeristetyn rakenteen todettiin vähentävän päällysteen tasaustarvetta sulavalla ikiroudalla.



### 3.4. Paannekohteet

#### 3.4.1. Ongelmat

Paantamisen todettiin johtuneen veden virtaamisesta pakkasella jään, lumen tai tien pinnalle, missä se jäätyy. Paantamista ilmeni myös luonnon maastossa, mutta liikenteelle ja tienpidolle siitä oli haittaa, jos paannetta muodostui päällysteelle. Kilpisjärven alueella valtatiellä 21 havaittiin paanteen johtuneen kahdesta syystä:

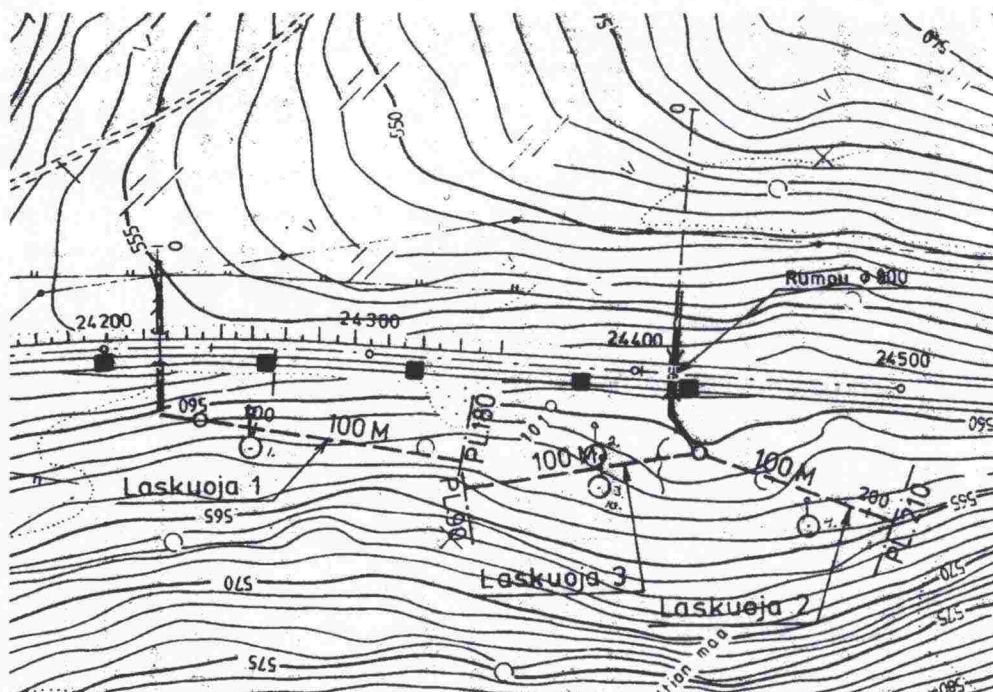
- pohjavesipaanteen tapauksessa paantamisen arvioitiin johtuvan tien alaisen roudan aiheuttamasta pohjaveden padottumisesta. Padottuminen pakotti pohjaveden virtaamaan maan pintaan, jolloin se jäättyi lumen pinnalle ja yläpuoliseen sivuojaan. Kun pakkaskausi oli ankara, paantaminen levisi päällysteelle saakka, ja paanne oli poistettava.
- uomaan syntyvä paanne (pintavesipaanne) johtui veden jäätymisestä, jolloin uomassa virtaava vesi pakottui jään ja lumen päälle jäätyen siinä. Jään havaittiin täyttäneen kovana pakkastalvena uoman, rummut ja silta-aukot. Tällöin paantaminen levisi päällysteelle, lumen sulamisaikana rummut ja silta-aukot olivat ummessa, ja sulamisvirtaama virtasi hallitsemattomasti tien yli aiheuttaen eroosioriskin tierakenteelle.

Pintavesipaannetta parannettiin ohjaamalla pintavesivirtaus sulana roudattomaan tienalitusputkeen. Koekohteina olivat Haukijoki ja Pitkäranta. Pohjavesipaanteen estämiseksi rakennettiin Muotkatakassa ja Sammalkoskella tien yläpuoliseen rinteeseen salaojat roudan alapuolelle, ja veden virtaus johdettiin salaojista sadevesiviemäreillä tien poikki roudattomassa syvytydessä.

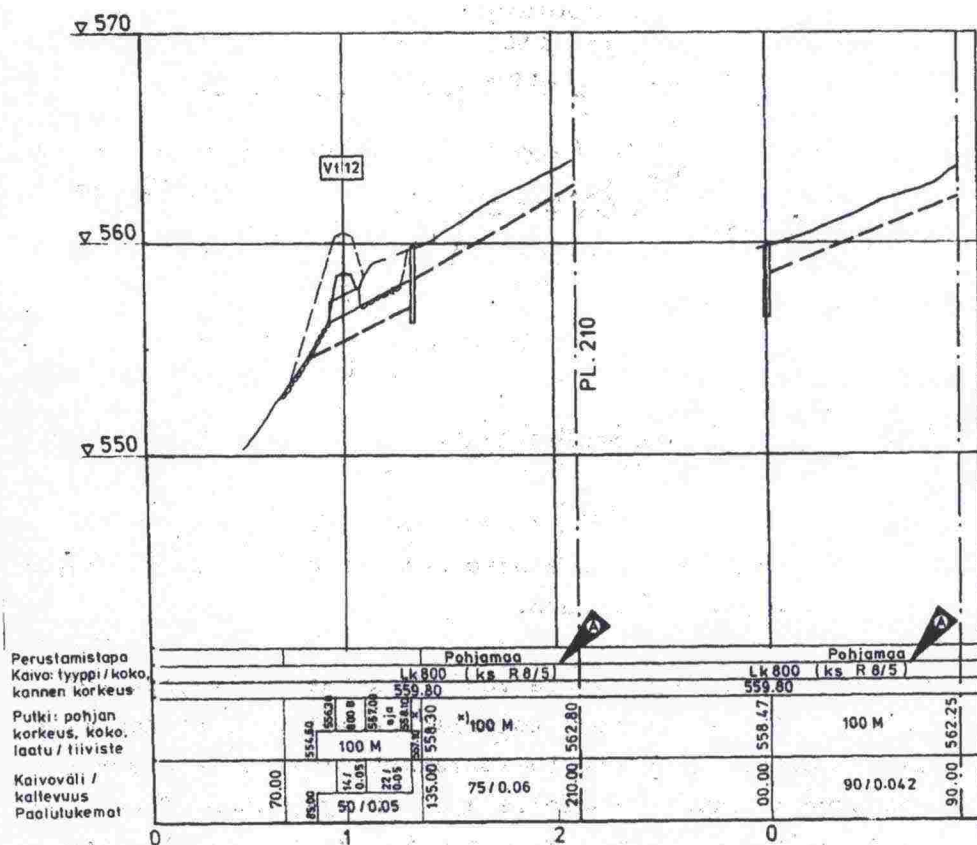
#### 3.4.2. Pohjavesipaanne, koerakenteet

Seuraavassa kuvataan Muotkatakan pohjavesipaanteen parantamistapaa. Muotkatakassa ongelmana oli tien yläpuoliseen sivuojaan syntynyt paanne, jonka arvioitiin johtuneen yläpuolisesta rinteestä valuvan pohjaveden jäätyminen tien sivuojaan. Pohjavesi virtasi pintaan, kun routa tunkeutui tien alla ja yläpuolisessa maastossa kevättalvella pohjaveden pinnan alapuolelle. Tällöin paineellinen pohjavesi purkautui maan pintaan.

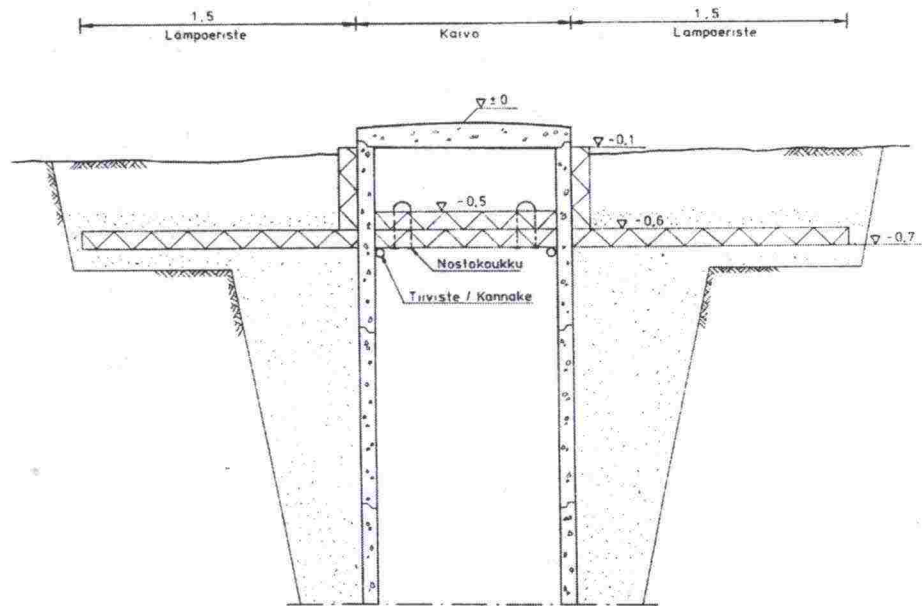
Ongelman parantamiseksi rakennettiin yläpuoliseen maastoon salaojat (las-kuoja 2 ja 3, kuvat 52 ja 53). Salaojista vesi purettiin lämpöeristetyin kaivon (kuva 54) kautta roudattoman viemäriputken kautta tien poikki alapuoliseen maastoon (kuva 55). Pintavesivaluntaa varten oli maan pinnassa avo-oja ja rumpu.



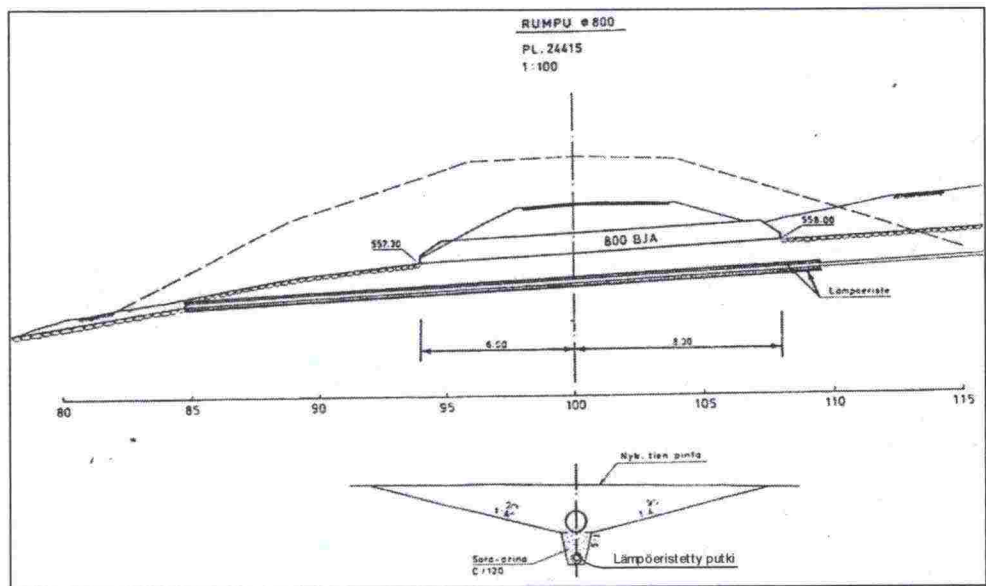
Kuva 52. Muotkataikka. Paannekohteen salaojat ja purkuviemäri tien poikki.



Kuva 53. Muotkataikka. Paannekohteen salaojan purkuviemärin pituusleikkaus.



Kuva 54. Muotkataikka. Salaojakaivon poikkileikkaus.



Kuva 55. Muotkataikka. Rummun pituusleikkaus.

Rakentamisen jälkeen todettiin, että sivuojassa syntyi edelleen paannetta vähäisessä määrin, mutta se ei aiheuttanut perkaustarvetta talvella (kuva 56).





Kuva 56. Muotkataikka1988. Paannetta rakentamisen jälkeen.

Elokuussa 2000 todettiin (kuva 57), että Muotkatakan laskuoja on kunnossa, ja vesi virtaa. Laskuojan eroosiosuojaus oli kunnossa. Salaojakaivon lämpöeristystä ei saatu pois, sillä ylin rengas oli siirtynyt 2 cm sivulle. Veden virtaus salaojista kaivoon oli selvästi kuultavissa.

Kohteessa ei ollut akuuttia korjaustarvetta.

Syyskuussa 2001 todettiin, että salaojat ja salaojakaivo toimivat.



Kuva 57. Muotkatakan paannekohde kesällä 2000. Yläpuolinen avo-oja, jonka yläpäässä salaojien keruukaivo.

### **Lammaskoski**

Lammaskosken ongelma ja parantamisratkaisu oli samanlainen kuin Muotkatakassa. Salaojissa kokeiltiin putkisalaojan ohella myös salaojamattoa, joka asennettiin roudattomaan syvyyteen ja liitettiin salaojakaivoon. Salaojakaivosta vesi ohjattiin roudattoman viemäriputken kautta tien poikki alapuoliseen maastoon. Tien sivuojan pintavesien purkua varten rakennettiin tierumpu.

Rakentamisen jälkeen havaittiin järjestelyn toimivan, eikä haitallista paannetta ilmennyt.

Elokuussa 2000 havaittiin, että Lammaskoskella tien alittavat purkuputket olivat kunnossa ja vesi virtasi. Yläpuolisiin tarkastuskaivoihin virtasi vesi sekä salaojaputkesta että salaojamatosta, joten kuivatusjärjestelmä lienee ollut toimintakunnossa.

Syyskuussa 2001 havaittiin, että Lammaskoski 2:n salaojamatosta suotautui kaivoon jonkin verran vettä. Purkuputki oli kunnossa, sillä vesi oli matalalla ja putki näkyvissä.

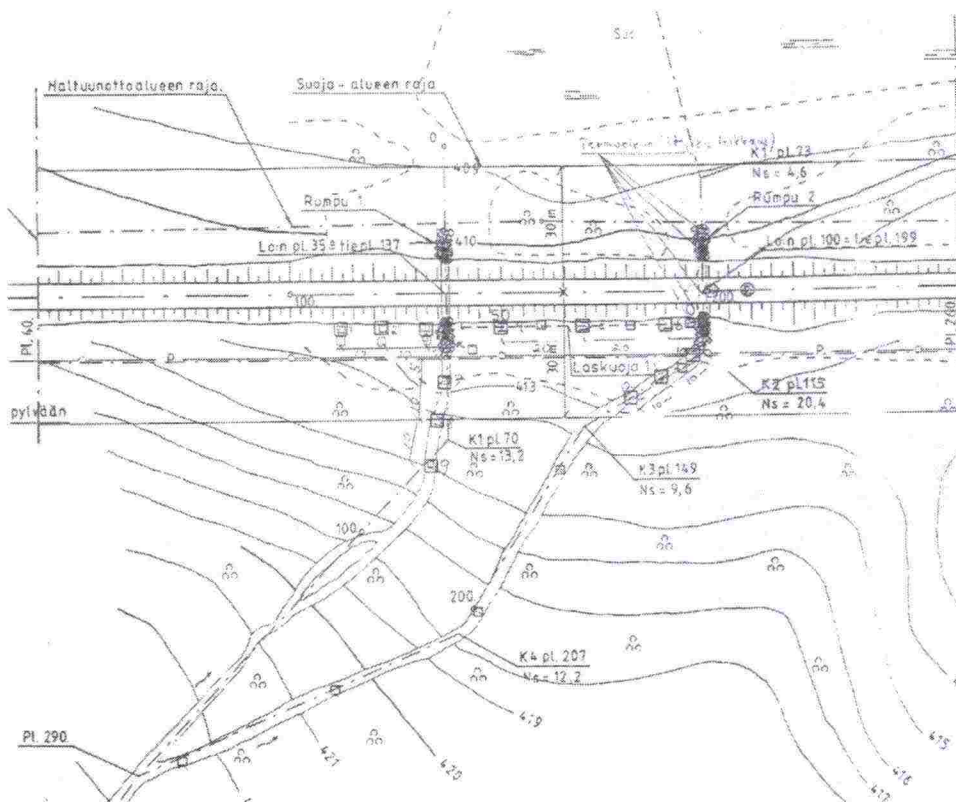
Lammaskoski 3:n länsipuolen salaojalinjalla oleva salaojakaivo oli veden täyttämä, ja salaojaputki ilmeisesti tukossa. Purkuputken päässä oleva kaivo oli lähes tyhjä. Purkuputki toimi, ja kaivoon tuli vettä sekä salaojasta että salaojamatosta. Tien eteläpuolella purku-uomassa oli selviä ruosteen merkkejä. Todettiin, että tukossa ollut Kilpisjärven suuntaan ollut salaoja olisi huuhtelemalla avattava. Myös purkuputken huuhtelu voisi olla tarpeen.

### **3.4.3. Pintavesipaanne, koerakenteet**

#### **Pitkäranta**

Pitkärannassa oli ongelmana ylärinteestä tulleen, haarautuneen puronuoman paantaminen (kuva 58). Kuvassa oikeanpuoleinen haara oli laskuoja 2 ja vasemmanpuoleinen haara laskuoja 1. Paanne kehittyi tien ylärinteen puoleiseen sivuojaan.

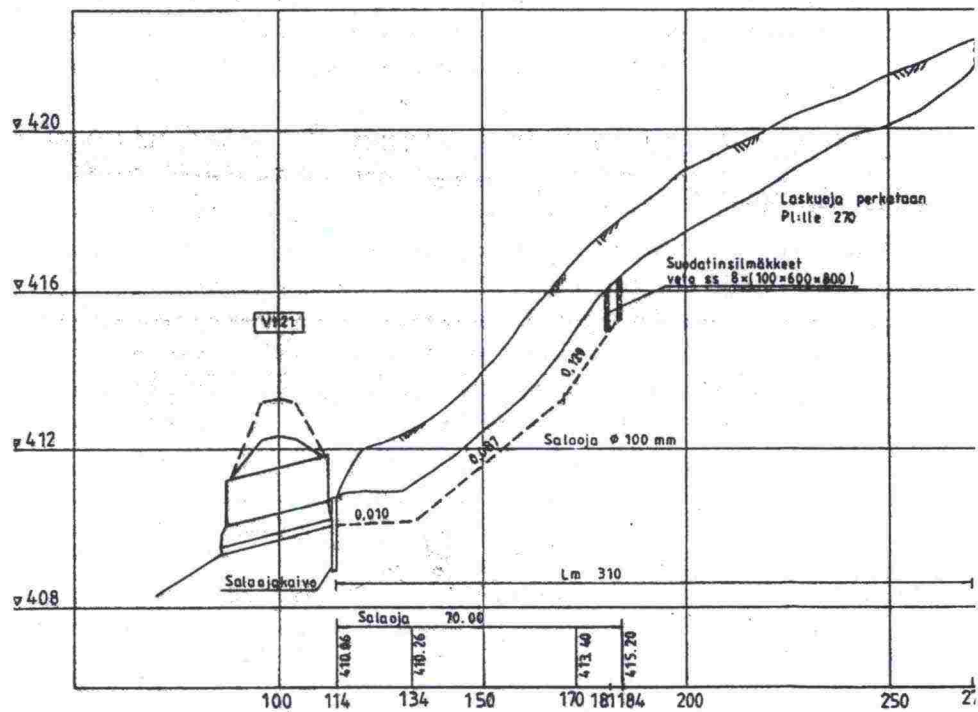




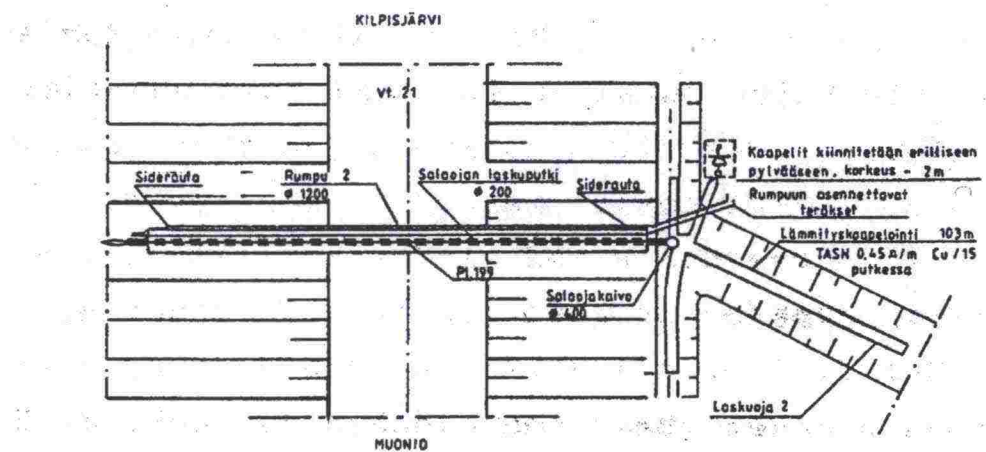
Kuva 58. Pitkäranta. Suunnitelmakartta.

Paanteen parantamiseksi uoman pohjaan asennettiin salaoja, jonka vedet johdettiin viemäriputkessa tien poikki (kuva 59). Pintavedet johdettiin tierummun kautta. Tierumpuun, siihen johtavan uoman pohjalle ja viemäriputkeen asennettiin lämmityskaapelit, joilla uoma ja rumpu voidaan tarvittaessa avata sähkölämmitystä käyttäen (kuvat 60-62).

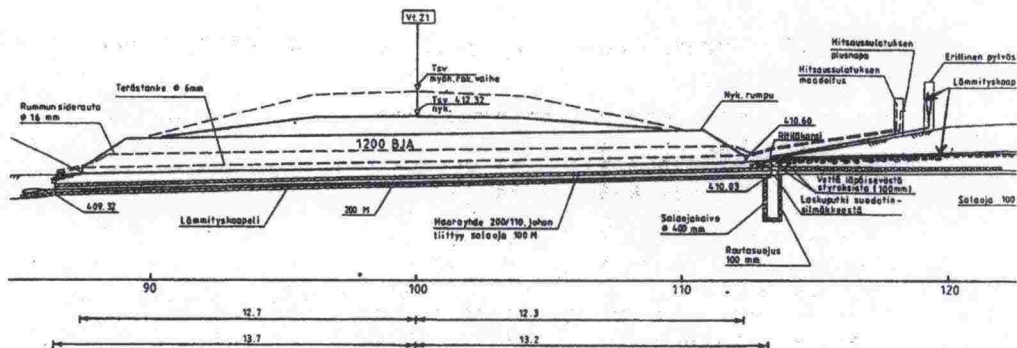




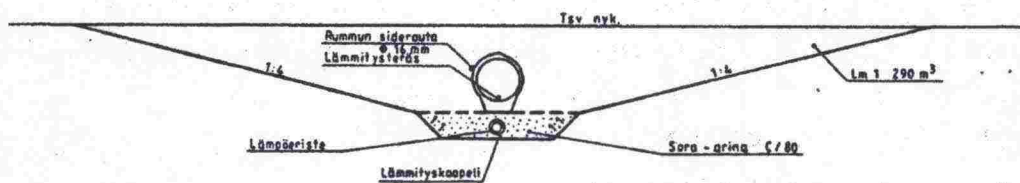
Kuva 59. Pitkäranta. Laskuoja 2 pituusleikkaus.



Kuva 60. Pitkäranta. Laskuoja 2 tienalituksen kartta.



Kuva 61. Pitkäranta. Laskuoja 2 tienalituksen pituusleikkaus.



Kuva 62. Pitkäranta. Laskuojan 2 tienalituksen poikkileikkaus.

Rakentamisen jälkeen havaittiin, että paannetta muodostui edelleenkin, mutta niin vähän, ettei paanteenpoisto ollut tarpeen.

Elokuussa 2000 havaittiin, että tien alittava, syvämpi viemäriputki oli toiminnassa. Vanhan rumpuputken terästanko oli paikoillaan. Yläpuoliseen uomaan asennettujen lämpökaapelioiden toimivuus jäi epäselväksi. Järjestely lienee toimintakunnossa.

Syyskuussa 2001 havaittiin, että tilanne oli sama kuin edellisellä kerralla.

## Haukijoki

Haukijoki oli rinnettä alas virtaava, koskinen puronuoma, joka on alunperin virrannut vinosti nykyisen tielinja poikki. Nykyisen tien rakentamisen yhteydessä uoma siirrettiin tien sivuun ja rakennettiin alavirtaan silta-aukko tien alitse. Uoman jyrkkyyden seurauksena virtaava vesi jäätyy pakkaskauden alettua uomaan, jolloin virtaus siirtyy jään päälle. Kovina pakkastalvina, kuten 1980-luvun lopulla oli, jää täytti uoman ja jopa silta-aukon (kuvat 63-64). Tällöin sulamisvedet eivät keväällä päässeet uomaan pitkin, vaan tulvavirtaus saattoi purkautua tielle.





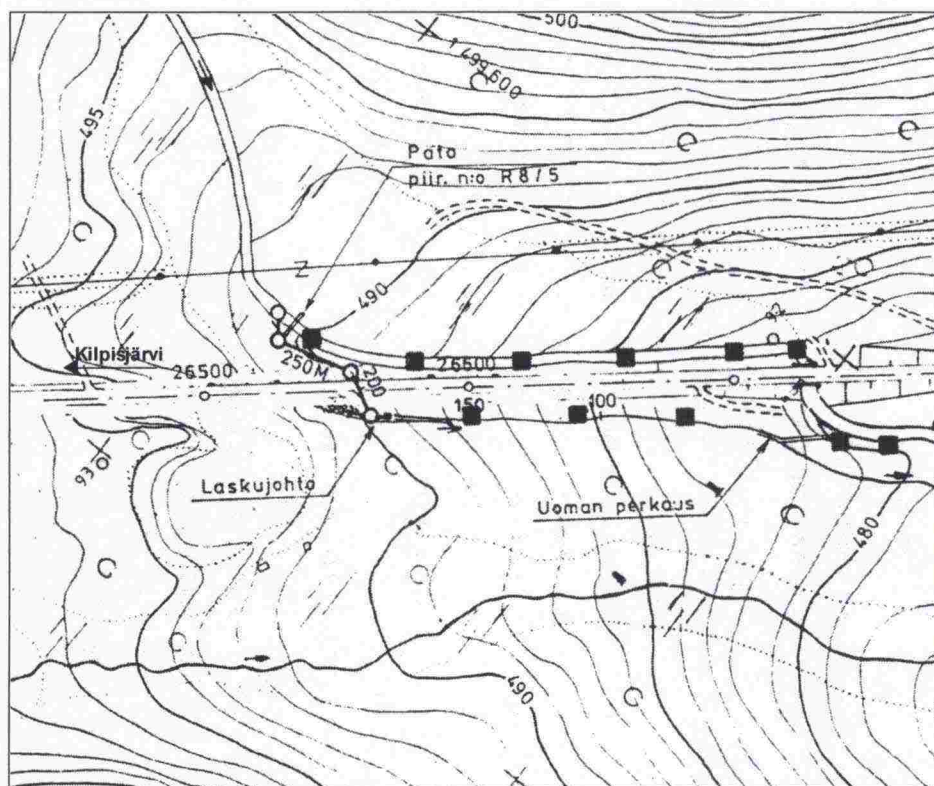
*Kuva 63. Haukijoki 1986. Uoman jäätyminen alkutalvella.*



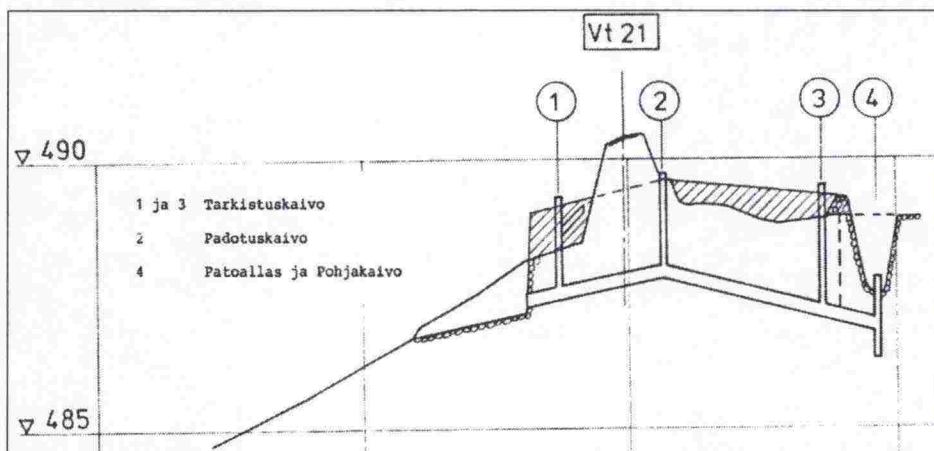
*Kuva 64. Haukijoki 1985. Uomapaanne lopputalvella.*



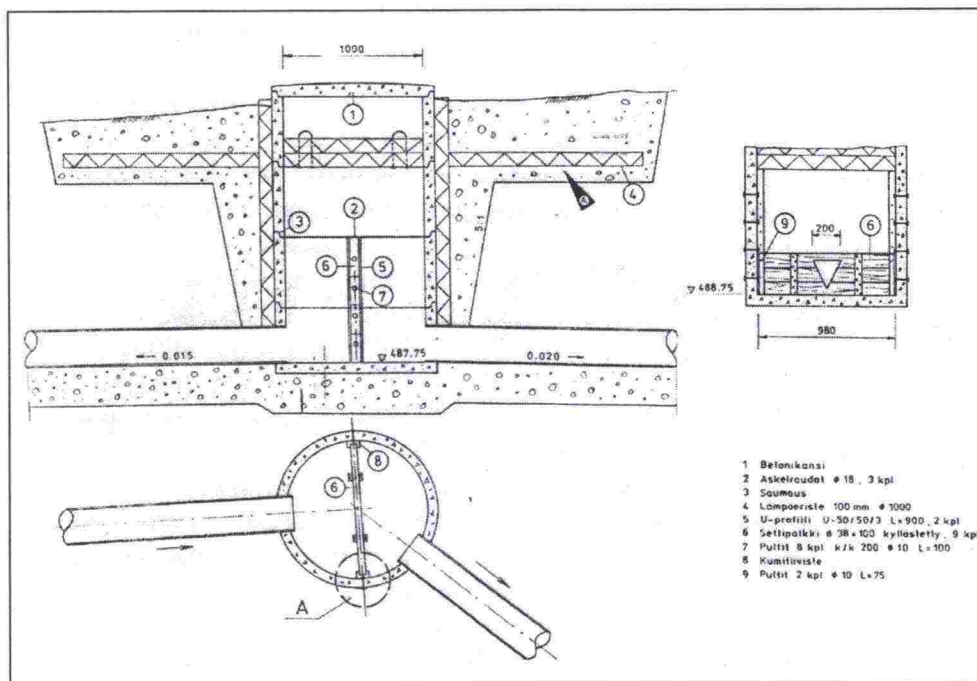
Paantamisen parantamisratkaisulla pyrittiin uoman talvivirtaama siirtämään ennen sen jäätymistä roudattomalla viemäriputkella tien poikki niin, ettei paantaminen aiheuta haittaa (kuva 65-68). Tällöin vanha uoma virtaaman vähetessä jäi tyhjäksi. Viemäriin vesi johdettiin uomaan tehdystä patoaltaasta, jossa olevan kaivon sisäänottoaukko oli noin metrin syvyydessä säännöstelystä altaan vesipinnasta, ettei pinnan jäätyminen ulottuisi ja tukkisi kaivoa. Viemäri mitoitettiin niin, että talvivirtaama mahtuu siitä läpi, mutta tulva- ja kesävirtaaman ollessa suurempi vesi virtaa ylivuotona vanhaan uomaan.



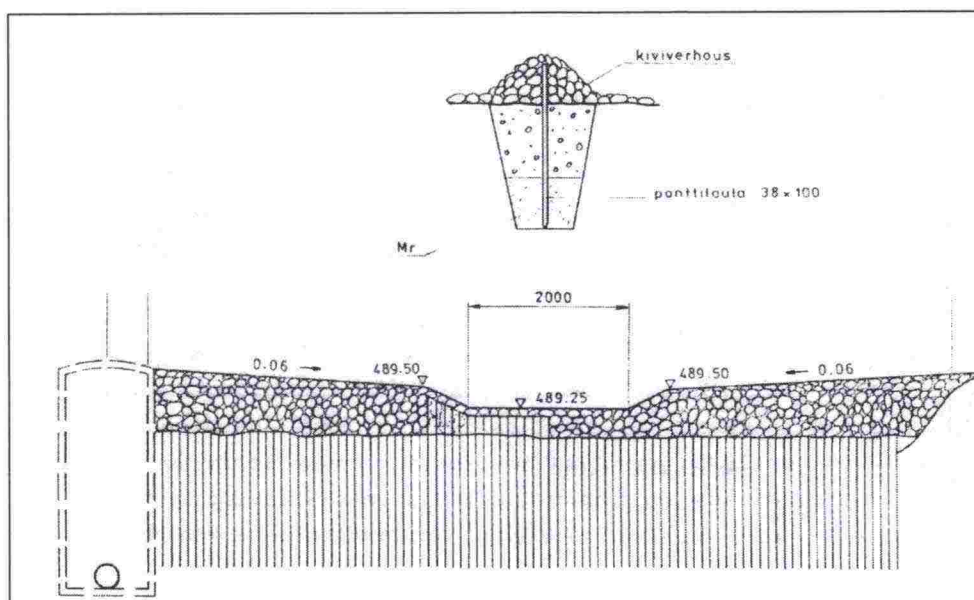
Kuva 65. Haukijoki. Kartta.



Kuva 66. Haukijoki. Kuivatusjärjestelyn pituusleikkaus.



Kuva 67. Haukijoki. Säätöstelykaivon 2 rakenne. Settiseinällä säädetään altaan vesipinta niin, että altaassa, jään alla oleva kaivo toimii.



Kuva 68. Haukijoki. Säätöstelypadon rakenne.

Rakentamisen jälkeen voitiin havaita, että järjestely oli toimiva, eikä uoma-  
paannetta syntynyt.

Vuonna 2000 tehdyssä maastotarkastuksessa todettiin, että yläpuolisen  
padotusaltaan pohjapadon ponttiseinä oli vaurioitunut ja vuoti (kuva 69).  
Ponttiseinää suojaava moreenitäyttö oli syöpynyt molemmilta puolilta. Vau-  
rioitumisen seurauksena altaan vedenpinta oli noin 20-30 cm alempana kuin  
suunniteltu korkeus. Ohjuoksutusputki toimi ja vesi virtasi läpi tien toiselle



puolelle. Tien reunassa olevan säännöstelykaivon settiseinä oli osittain purettu, ja sen tilalla oli vanerinen liikennemerkki. Vesi vuosi vähäisessä määrin ohi.

Pohjapato olisi korjattava tekemällä ponttiseinä betonista ja täyttämällä sen kahta puolta moreenilla ja karkealla kiveyksellä. Säännöstelykaivon settiseinä olisi palautettava alkuperäiseen muotoon.



Kuva 69. Haukijoen paannekohde 2000. Yläaltaan vaurioitunut pato.

Syyskuussa 2001 todettiin, että settipato oli korjaamatta. Ylivuoto toimi kuitenkin. Padotusaltaassa on ylivuodon sisäänottokaivon yläpuolella vettä padon vaurioitumisesta johtuen vain runsas puoli metriä, ja kaivo voi tukkeutua kovana pakkastalvena jäätymällä. Tämän vuoksi olisi uusi pato rakennettava ennen kovaa pakkastalvea. 1980-luvun lopun ankarina talvina paanteen poistoon kului tällä paikalla 300-400 000 mk/talvi.

#### 3.4.4. Ilmasto-olot rakentamisen jälkeen

Ilmasto-olot olivat ennen rakentamista, vuosina 1985-87, varsin ankarat. 1990-luvun talvet ovat olleet pakkasmääriltään lähellä keskimääräisiä. Paanteenhoitoa ei ole tällöin kunnossapidossa ollut tarpeen tehdä koko valtatie 21 linjalla. Yhtenä syynä tähän voi olla ehkä pahimpien paannepaikkojen parantaminen.



### 3.4.5. Johtopäätökset ja suositukset

Koerakentamisen yhteydessä todettiin, että

- paantamista ilmeni kovina pakkastalvina niissä kohdissa, joissa pohjaita pintavesi virtasi pakkasella poikittaisessa rinteessä sivuojan pinnalle tai luonnon uoman pinnalle
- pohjavesipaannetta todettiin voitavan tehokkaasti torjua johtamalla pohjaveden virtaus tien yläpuolisessa maastossa roudan alla salaojiin, joista vesi johdettiin tien poikki sulana roudattomassa syvärummussa.
- pintavesipaannetta torjuttiin menestyksellisesti, kun uomassa virtaava vesi johdettiin lämpöeristetyin syvärummun läpi tien poikki ennen kuin vesi ehti jäättyä. Sulana aikana virtaus johdettiin pintauomaan
- Haukijoella järjestelyyn liittyvä pohjapato, joka rakennettiin moreenitäytteellä suojattuna ponttiseinänä, vaurioitui ilmeisesti kevättulvan rasituksissa. Toteutettu järjestely osoitti kuitenkin toimivuutensa. Pato olisi tehtävä uudelleen betonirakenteisena, jolloin yläaltaan toiminta voidaan varmistaa. Vähäisen talvivirtauksen aikana virtaus johdettiin putkiston kautta, jossa settiseinämällä säädettiin altaan vesipintaa.

Ratkaisuja voidaan soveltaa sellaisissa kohteissa, jossa on joko havaittu paanneongelmia tai suunnittelukohteissa, joissa paanneriskiä (häiriötä talvi-kuivatuksessa) arvioidaan syntyvän. Tällaisia kohteita ovat laajat rinnealueet, joissa pohjavesi on esimerkiksi alle 2 metrin syvyydessä pinnasta tai kohteissa, joissa koskinen luonnonuoma risteää tien kanssa.

Vesi on johdettava tien poikki sulana esimerkiksi lämpöeristetyssä syvärummussa, joka ei ole ulos tuulettuva. Seudulla on myös kehitetty ja kokeiltu rumputyyppejä, joissa läpijäätyminen on estetty lämpökaapelilämmityksellä. Lämmitys hoidettiin tällöin tuuligeneraattorilla tuotetulla sähköllä. Rumpujen jäätymistä umpeen voidaan lieventää peittämällä ja suojaamalla rummun päät syksyllä (Paanneryhmän loppuraportti 1987). Kiinnijäätyn rummun avaaminen keväällä edellyttää joko höyry- tai sähkösulatusta.

Haukijoella ja Pitkärannassa havaittiin, että luonnonuoman paantaminen voimistuu, jos uoma perataan. Perkaamista tulisi näin välttää. Paantamisen kannalta uoman poikkileikkauksen tulisi olla syvä ja kapea, jolloin virtaavan veden lämpöhäviöt pienenevät.

## 3.5. Kinostumiskohde, Jeähkkash

### 3.5.1. Ongelmat

Kinostumista oli havaittu esiintyvän voimakkaana mm. avoimessa, puuttomassa tunturimaastossa. Se ilmeni toisaalta lumen kasaantumisenä tielle ja toisaalta näkyvyyden merkittävänä heikkenemisenä lumituulella. Pahimmilla

lumituiskuilla oli tietä jouduttu liikennöitävyyden ylläpitämiseksi auraamaan jatkuvasti. Käsivarressa Kinostumisen todettiin aiheuttavan varsin suuria kustannuksia (esimerkiksi talvella 1985-86 noin 135 000 mk), jotka syntyivät muutamalla, rajatulla tieosuudella.



Kuva 70. Jeähkkash. Kinostumista tielinjalla keväällä 1989.

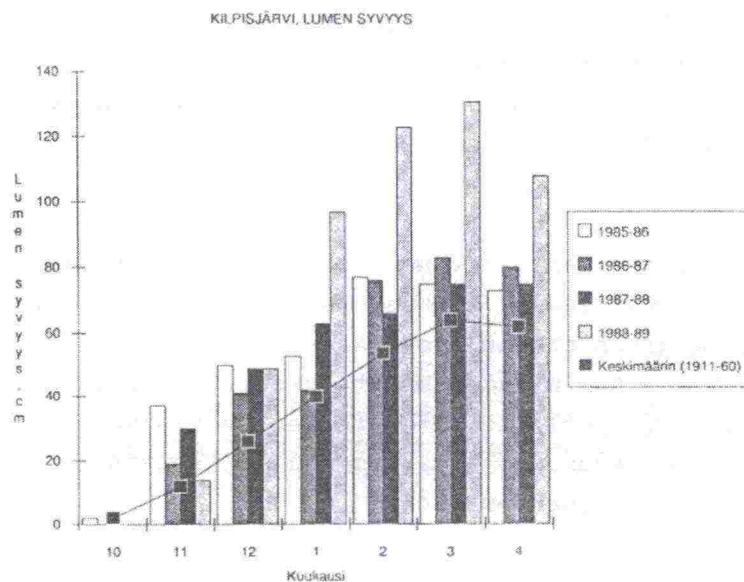
### 3.5.2. Tavoitteet

Tutkimuksen ja koerakentamisen tavoitteena oli kehittää tien rakennetta niin, että kinostuminen olisi mahdollisimman vähäistä. Tätä varten pyrittiin kohdetutkimuksin määrittämään paikallisia kinostumisolosuhteita sekä laatimaan menetelmää tien tasauksen määrittämiseksi ja poikkileikkauksen muotoilemiseksi niin, että kinostuminen olisi mahdollisimman vähäistä.

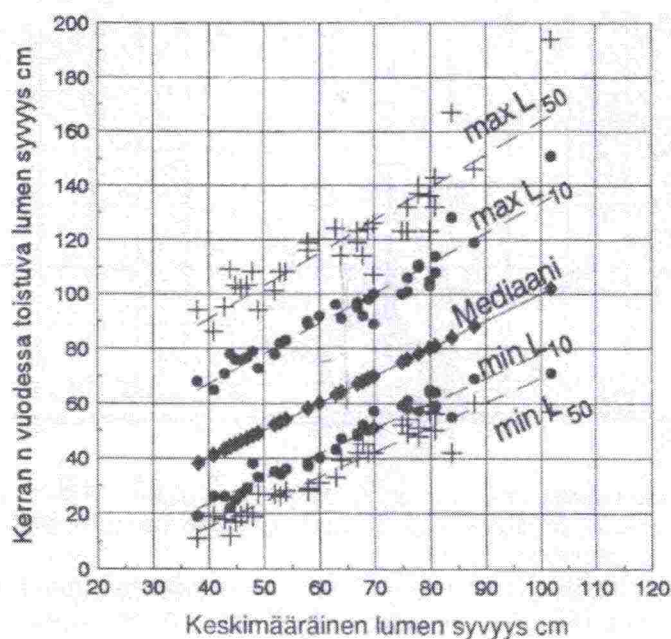
### 3.5.3. Tutkimukset

Lumen paksuutta Kilpisjärven säähavaintoasemalla vuosina 1985-89 kuu-kausittain on esitetty kuvassa 71. Sen mukaan lumen syvyys on suurimmillaan maaliskuussa. Lumen suurin syvyys oli Kilpisjärvellä vv. 1985-2001 keskimäärin noin 1 metri vaihdellen välillä 0,5-1,8 metriä (kuva 72). Lumen syvyys kasvoi lähes suoraviivaisesti.





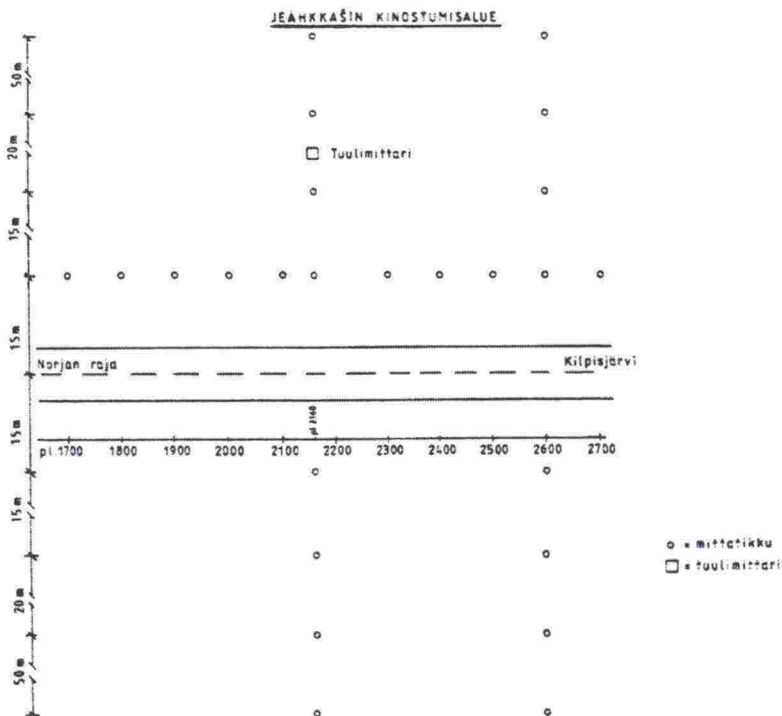
Kuva 71. Lumen syvyys eri kuukausina Kilpisjärvellä vuosina 1985-89.



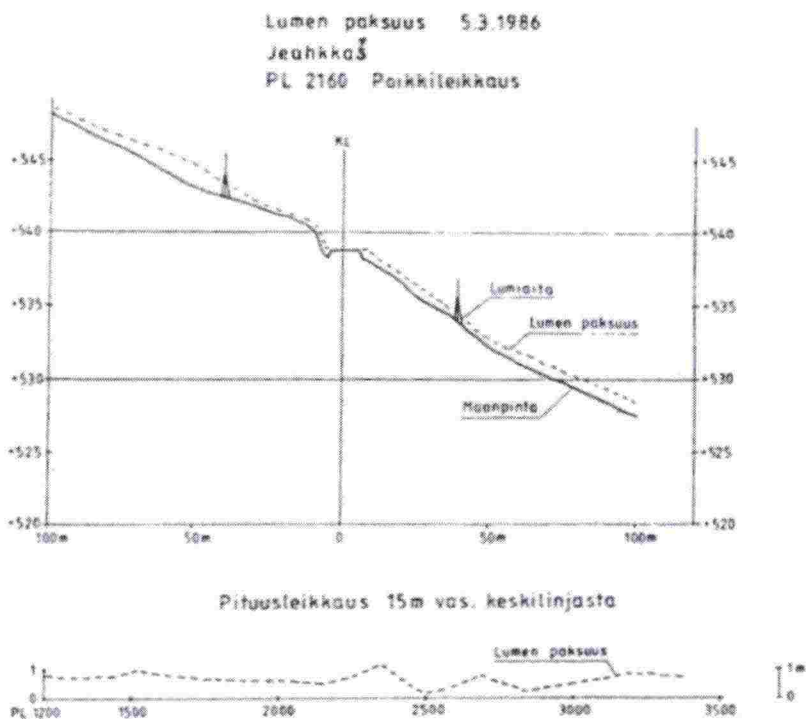
Kuva 72. Lumen suurimman syvyyden toistuvuus mediaaniin verrattuna eri havaintoasemilla Suomessa vuosina 1961-90 Ilmatieteen laitoksen havainnot). (max L10 on lumen suurimman syvyyden maksimi-arvo kerran 10 vuodessa; min L10 on lumen suurimman syvyyden minimi-arvo kerran 10 vuodessa).

Lumen syvyyttä koekohteessa Jeähkkashissa mitattiin keväällä 1986 (kuvat 73 ja 74).





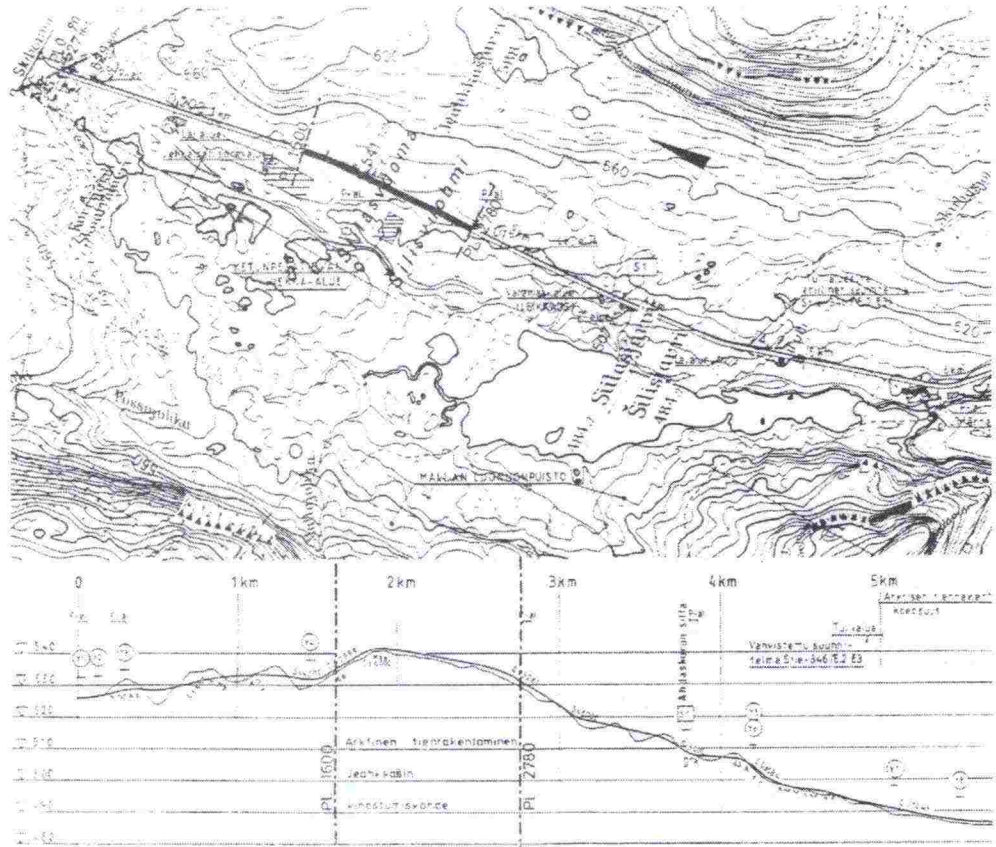
Kuva 73. Jeähkkash. Lumen syvyysmittaukset keväällä 1986.



Kuva 74. Jeähkkash. Lumen paksuus poikkileikkauksessa paalulla 2160 sekä pituusleikkauksessa ylärinteen puolella maaliskuussa 1986.

### 3.5.4. Suunnitelmaratkaisu

Jeähkkashin koekohde sijaitsi avoimessa tunturin rinteessä, ja alkuperäinen tie oli nollatasauksessa, ylärinteen puoli leikkauksessa ja alapuoli penkereellä (kuva 75).



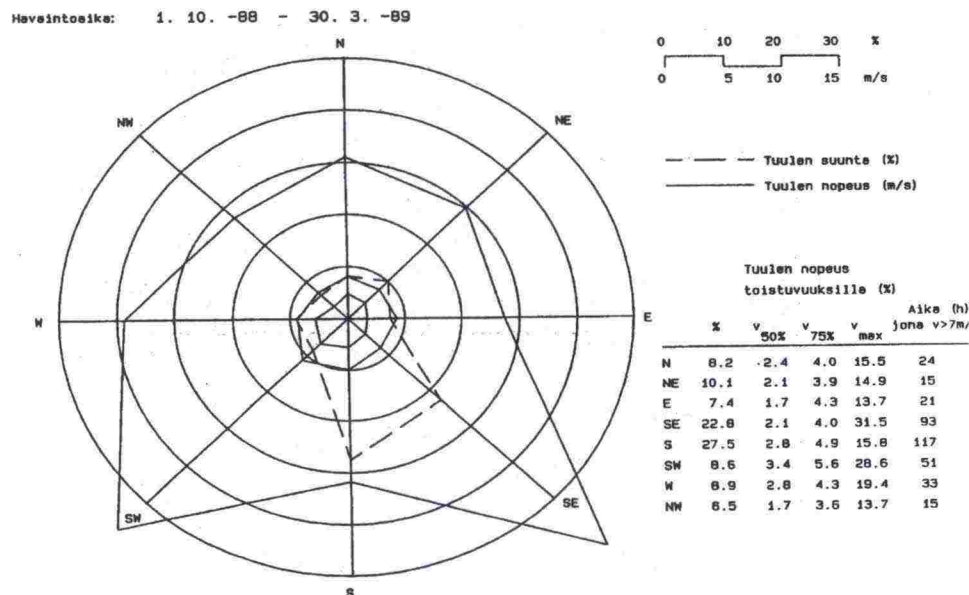
Kuva 75. Jeähkkash. Kinostumiskohteen sijainti ja pituusleikkaus.

Koerakenne tehtiin korottamalla tien pinta kerran 10 vuodessa toistuvan lumenpinnan korkeuden yläpuolelle. Yläpuolisen luiskin muotoilu tehtiin soveltaen norjalaisia ohjeita (Norem 1975). Tien reunan taitteet pyöristettiin tuulen pyörteiden vähentämiseksi.

Tien taseaus asetettiin noin 0,5 metriä mittaustulosten perusteella arvioidun, kerran 10 vuodessa toistuvan hangen pinnan yläpuolelle. Poikkileikkauksen pyöristys ja luiskien muotoilu tehtiin norjalaisten suositusten mukaan. Koerakenteen tyypipoikkileikkaus on esitetty kuvassa 76.

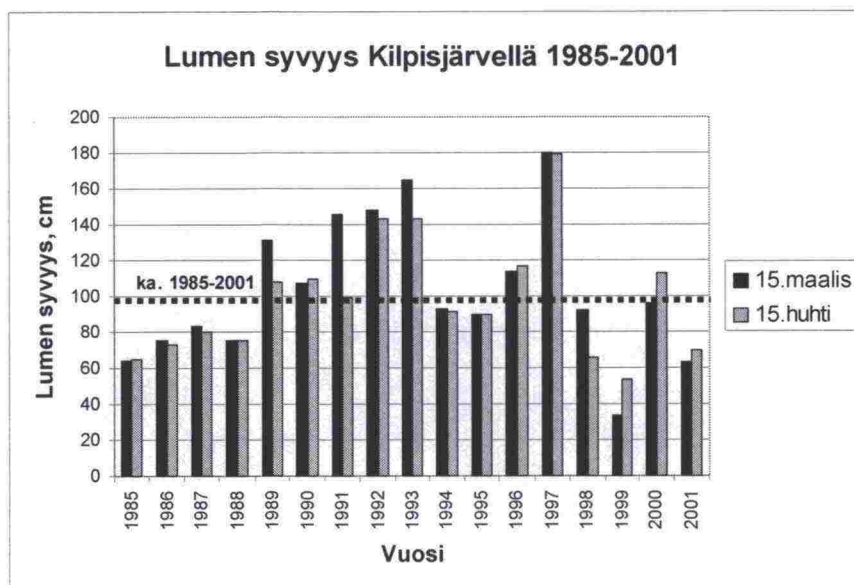




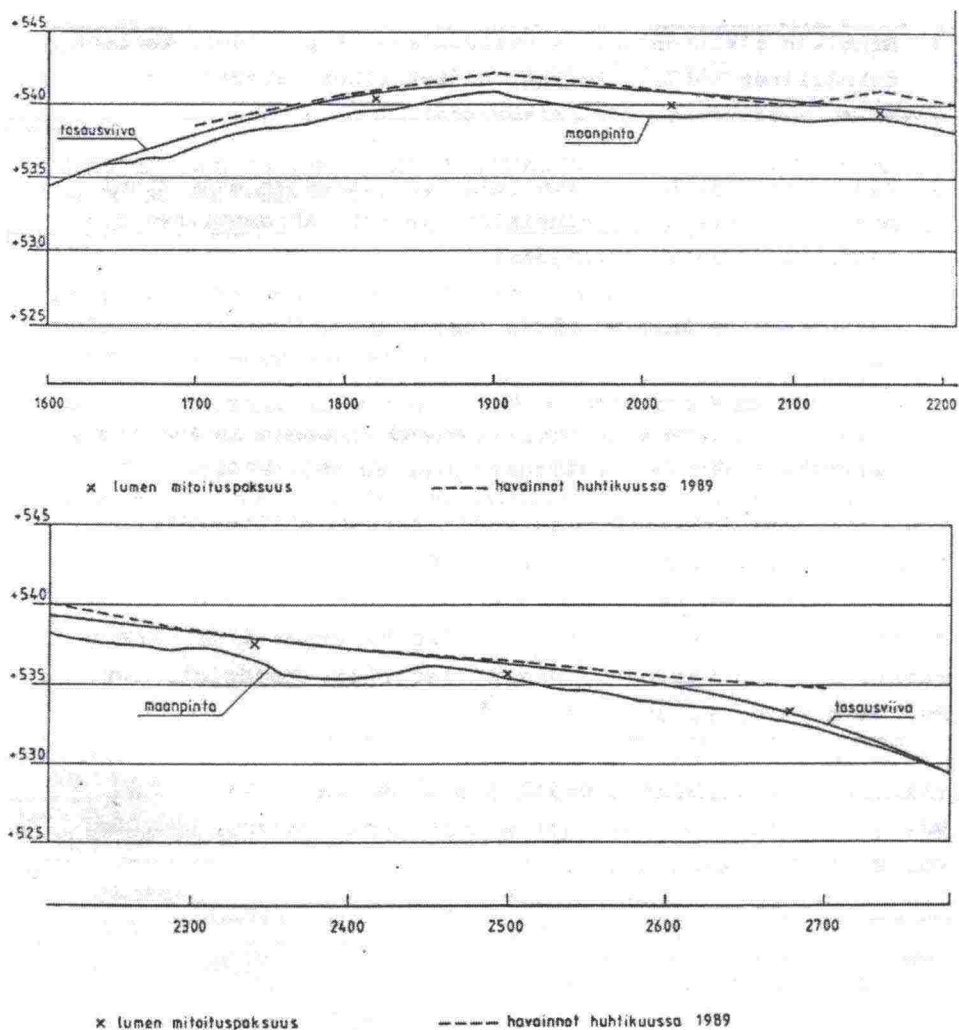


Kuva 77. Jeähkkash. Tuulen suunnan ja nopeuden mittausten perusteella laadittu yhteenveto talven 1988-89 tuulista.

Koerakenteen kinostumisseurannassa todettiin, että talvella 1987-88 koerakenne toimi kohtuullisen hyvin, vaikka pengeri ei vielä ollut lopullisessa tasossa. Talvella 1988-89 merkittävää kinostumista havaittiin, koska talvi oli poikkeuksellisen runsasluminen ja edusti tilastollisesti suurinta lumenpaksuutta (kuva 78). Runsaina lumitalvina, kuten 1992-96, oli Piiraisen mukaan jouduttu työntämään pyöräkoneella lumivallia kauemmaksi useaan kertaan talvessa. Vähälumisina talvina, kuten 1998-99, valli oli tarpeen kaataa vasta keväällä.



Kuva 78. Lumen suurin syvyys Kilpisjärvellä vuosina 1985-2001.



Kuva 79. Jeähkkash. Tien tasausviiva, lumen syvyysmittausten perusteella määritetty lumenpinnan mitoittava korkeus ja lumenpinnan korkeus keväällä 1989.

Kuvasta 79 voidaan havaita, että keväällä 1989 toteutunut lumenpinta oli paikoin korkeammalla kuin tienpinta, ja 0,5-1 metriä korkeammalla kuin mitoittava lumen pinta. Talvi oli poikkeuksellisen runsasluminen. Kuvan 78 mukaan tätäkin lumisempia talvia olivat talvet 1991-93 ja 1997.

Tiemestari Armas Piirainen totesi rakenteen toimineen kovalla tuulella hyvin, sillä tuuli puhaltaa tieltä lumen pois. Tuulen puhaltaessa tien suuntaan lunta ei kerry. Heikolla länsituulella, alarinteen puolelta, lumi kertyy kinosharjaksi keskelle tietä. Tuulen nopeus on määräävä. Itätuuli on osoittautunut vaikeimmaksi: ylärinteen puolelta tulee lunta, joka kasaantuu tielle. Koeosuudella olevan levähdysalueen kohdalla havaittiin erityisesti kinostumista tielle penkereen aiheuttaman pyörteisyyden vaikutuksesta.

Maastossa havaittiin yläpuolen ulkoluisissa pintaveden aiheuttamaa kulumista. Tämä lienee vähennettävissä niskaojilla.



### 3.5.7. Maastotarkastukset kesällä 2000 ja 2001

Paalulla 1600-2000	luiskat hyvässä kunnossa, tie hyvä
2000-2100	yläpuolisen sivuojan ulkoluiskan yläosassa kulumaa
2150-2180	eroosiovaurioita yläpuolisen sivuojan ulkoluiskassa, kasvillisuus vähäistä
2620-2720	luiskan valumaa

Todettiin, että sisäluiskan yläosan pyöristys oli vähäinen, pienempi kuin suunnitelmassa tai rakentamisen jälkeen (kuva 80). Alapuolisen ulkoluiskan kasvillisuus oli kohtalaisen runsas. Yläpuolisen ulkoluiskan kasvillisuuden vähäisyys johtunee joko luiskan liikkumisesta, eroosiosta tai kasvupohjasta, sillä luiska oli rakentamisvaiheessa kylvetty.

Akuuttia korjaustarvetta ei luiskissa havaittu.

Syyskuussa 2001 tilanne oli ennallaan.



Kuva 80. Jeähkkash, kinostumiskohde. Tie Mallaan päin.

### 3.5.8. Johtopäätökset ja suositukset

Koekohteessa Jeähkkashissa todettiin seuraavaa:

- kinostuminen oli voimakasta johtuen tien matalasta tasauksesta suhteessa ympäröivään rinnemaastoon



- kunnossapitäjän mukaan tieosalla vallitsi ajoittain lumipyry, joka lähes kokonaan esti näkyvyyden aiheuttaen näin merkittävän liikenneturvallisuusriskin
- tien tasauksen nostolla voitiin siirtää aurauksen aloittamista, joka ennen tapahtui ennen vuoden vaihdetta, useita kuukausia myöhemmäksi, ja normaalitalvina kevättalveen
- aurausvallin poistoa osuudelta ei ole parantamisen jälkeen tarvittu kuin 3-4 talvena 1990-luvulla, kun aiemmin kaivu oli tarpeen lähes joka talvi. Kinostumis-tilanne on ollut ennallaan koeosuuden ulkopuolella
- leikkausluiskan kulumisen sulamisen ja sulan maan aikaan esti kasvillisuuden kehittymistä ja luiskan sitoutumista. Loivan pengerluiskan kestävyys oli hyvä.

Tutkimuksen perusteella esitetään seuraavat suositukset:

- Kinostumisen estämiseksi olisi voimakkaasti kinostuvissa kohteissa tien taseaus asetettava paikallisesti mitattuihin lumen paksuuksiin perustuvan arvion mukaisesti ainakin 0,5 metriä määritetyn, mitoittavan lumenpinnan yläpuolelle.
- Kinostumisen vähentämiseksi tulisi rinnemaastossa leikkausluiska mitoittaa niin, että riittävä lumitila syntyy.
- Tierakenteen poikkileikkaus olisi pyöristettävä virtaviivaiseksi pyörteisyyden aiheuttaman lumen kinostumisen estämiseksi tiealueella.
- Lumiaitoja on tarpeen käyttää näkyvyyden ja liikenneturvallisuuden parantamiseksi ankarimmissa kinostumisolosuhteissa. Aitojen tulisi olla riittävän korkeita ja ne tulisi asettaa niin kauas tiestä, ettei niiden lunta kerrostava vaikutus ulotu tiealueelle (etäisyys noin 15-20 kertaa korkeus).
- Esitetty menettely soveltunee kinostumisen vähentämiseksi etelämpänäkin, esimerkiksi laajoihin järvenselkiin ja viljelyaukeisiin liittyen.

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1. Koerakenteiden kunnostamistarve

#### 4.1.1. Kinostumisrakenne

##### Jeähkkash

Akuuttia korjaustarvetta ei luiskissa havaittu.

#### 4.1.2. Paannekohteet

##### Muotkataikka

Kohteessa ei ollut akuuttia korjaustarvetta.

##### Lammaskoski

Lammaskoski 3:n länsipuolen salaojalinjalla oleva salaojakaivo oli veden täyttämä, ja salaojaputki ilmeisesti tukossa. Purkuputken päässä oleva kaivo oli lähes tyhjä. Purkuputki toimi, ja kaivoon tuli vettä sekä salaojasta että salaojamatosta. Tien eteläpuolella purku-uomassa oli selviä ruosteen merkkejä. Todettiin, että tukossa ollut Kilpisjärven suuntaan ollut salaoja olisi huuhtelemalla avattava. Myös purkuputken huuhtelu voisi olla tarpeen.

##### Haukijoki

Yläpuolisen padotusaltaan pohjapadon ponttiseinä oli vaurioitunut ja vuoti. Ponttiseinää suojaava moreenitäyttö oli syöpynyt molemmilta puolilta. Vaurioitumisen seurauksena altaan vedenpinta oli noin 20-30 cm alempana kuin suunniteltu korkeus. Ohijuoksutusputki toimi ja vesi virtasi läpi tien toiselle puolelle. Tien reunassa olevan säännöstelykaivon settiseinä oli osittain purettu, ja sen tilalla oli vanerinen liikennemerkki. Vesi vuosi vähäisessä määrin ohi.

Pohjapato olisi korjattava tekemällä ponttiseinä betonista ja täyttämällä sen kahta puolta moreenilla ja karkealla kiveyksellä. Säännöstelykaivon settiseinä olisi palautettava alkuperäiseen muotoon.

#### 4.1.3. Palsarakenne

##### Peera

Peeran palsarakenne oli päällystetty alunperin vaalealla öljysoralla. 1990-luvun alussa oli tämän päälle levitetty tumma päällyste. Tämä lienee osasyynä siihen, että sulamispainuman nopeus oli kasvanut korjauksen jälkeisestä arvosta 20-30 mm/a noin arvoon 50 mm/a (ennen korjausta noin 70-80 mm/a).

Tarkastuksessa elokuussa 2000 todettiin painaumien paikkausta tehdyn mustalla massalla 1999-2000 paaluvälillä 30235-250 ja paaluvälillä 30380-390. Painaumia havaittiin lisäksi paaluilla 30270 ja 30340.

Ilman merkittäviä korjaustoimenpiteitä painuminen ilmeisesti jatkuu. Painuminen on ollut suurinta lämpöeristetyin osuuden päissä. Sen rajoittamiseksi olisi mahdollista jatkaa lämpöeristettyä rakennetta pitemmälle molemmissa päissä. Myös tumman päällysteen korvaaminen vaalealla pienentää sulamispainumaa.

Pousujärven palkan samoin kuin myös Saarikosken palkan kohdalla oli tehty painumakorjausta päällysteen paikkauksella. Näitäkin kohteita tutkittiin koerakentamista varten, mutta niihin ei 1980-luvulla koskettu.

#### **4.1.4. Routasuojaus**

##### Tulli

Tullissa oli kesällä 2001 alkuperäinen, vuonna 1988 levitetty päällyste. Sitä oli korjattu paikkaamalla turvemaalaatikkorakenteen päissä. Havaintokaivojen kannet poistettiin kesällä 2000. Akuuttia uudelleenpäällystystarvetta ei ollut.

##### Peera

Peeran koeosuudet, joiden päällyste oli jo rakentamisen jälkeen epätasainen, päällystettiin uudelleen kesällä 2000. Koeosuudella ei ollut muita ongelmia tai parantamisen tarvetta.

#### **4.2. Suunnitteluratkaisujen soveltaminen valtatiellä 21 ja muualla**

Arktisen tien koerakentamisessa haettiin ratkaisuja seuraaviin ongelmiin:

- routanousuvauriot
- ikeiroudan sulamispainumavauriot
- kinostuminen avoimessa maastossa
- paantaminen

Koerakentamisen perusteella voitiin havaita, että

- routanousuvaurioita voitiin poistaa ja vähentää routanousumitoitukseen perustuvalla routasuojauksella
- ikeiroudan sulamispainumaa voitiin vähentää päällysrakenteen routaeristyksellä ja käyttämällä päällysteessä vaaleata kiviainesta



- kinostumista voitiin vähentää nostamalla tien tasausta ympäröivään maastoon nähden ja poikkileikkauksen muotoa pyöristämällä ja järjestämällä lumitilaa tien sivuun
- paantamista voitiin poistaa talviajan kuivatusta tehostamalla. Rinteessä pohjavesipaannetta poistettiin alentamalla pohjaveden pintaa salaojituksella. Uomapaannetta poistettiin johtamalla uoman vesivirtaus tien poikki ennen, kuin se ehti jäätyä avouoman pohjalle.

Valtatien 21 olosuhteissa nämä ratkaisut lienevät toimivia, ja ilmasto-olotkin ovat Kilpisjärveä vastaavat. Ratkaisuissa voidaan soveltaa paikallisia materiaaleja. Kestävän kehityksen puitteissa tulisi pyrkiä passiivisiin, "hoitovapaisiin" ratkaisuihin. Rakenteiden kunnostaminen voidaan tarvittaessa tehdä kesäaikaan.

Routiminen ja routanousu ovat ongelma koko maassa. Kilpisjärvellä 1980-luvulla käytetty mitoitusmenettely on sama, joka on tulossa laajempaan käyttöön TPPT-hankkeen tuloksena. Routasuojausmateriaaleista turvetta on kokeiltu TPPT-koerakenteissa. Kevytsora ja polystyreenilevyt (EPS, XPS) ovat vakiintumassa käyttöön. Lievästi routivia moreeneita ei ole juuri muualla käytetty, mutta voitaisiin käyttää enemmän routimattoman soran ja hiekan sijasta. Rakenteiden kuormituskestävyyshitoitus tulisi tehdä rakennekohtaisesti. Kilpisjärvellä rakenteiden kuormituskestävyys osoittautui riittäväksi paikallinen liikennekuormitus huomioon ottaen.

Edellisen mukaan tekniseltä kannalta kaikki sovelletut ratkaisut olivat valtatien 21:n olosuhteissa liikennemäärät huomioonottaen hyväksyttäviä.

Arktisen tie-tutkimuksen jälkeen on tien routasuojauksen mitoitus routanousun mukaan kehitetty edelleen mm. Teiden pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelmassa (TPPT). Samoin on selvitetty edelleen erilaisten routaeristemateriaalien ominaisuuksia routasuojauksissa. Ongelmana on edelleen eristemateriaalin kostumisen ennalta-arviointi, sillä hyvissä kuivatusolosuhteissa eristemateriaalien kostuminen on vähäisempää kuin mitoituksessa otaksutaan. Samoin on saatavissa tietoa eristemateriaalien mekaanisista ominaisuuksista kuten kimmomoduulista, mutta niiden vaurioitumisesta liikennesuorituksen alaisena tuskin ollenkaan.

Kustannustehokkaimpia routasuojausmateriaaleja lienevät moreeni ja lujat routaeristelevyt. Kevytsora on epätaloudellinen pitkän kuljetusmatkan perusteella, sora sen heikon saatavuuden perusteella, polyuretaani sen kalliin hinnan vuoksi, ja paaliturve sen valmistus- ja kuljetuskustannusten vuoksi. Maalaattikoratkaisun ongelmana on sen routiminen.

Ikiroutaa ei Suomessa ole muualla kuin Pohjois-Lapissa. Ikiroutaa tosin on keinotekoisesti aikaansaatu mm. kylmävarastojen ja tekojääkenttien alle. Ratkaisujen lämpötekninen hitoitus mahdollistaa pohjan routa- ja sulamistilan hallinnan. Rakenteissa voidaan soveltaa lämpöeristeitä ja tarvittaessa myös keinojähdytystä tai -lämmitystä.

Kinostuminen on ongelma etelämpänäkin aukeisiin järvenselkiin tai peltoihin liittyen. Tällöin olisi mahdollista tien tasauksen nostaminen ja poikkileikkauksen virtaviivainen muotoilu kinostumisen vähentämiseksi.

Paantaminen on etelämpänä luonteeltaan erilaista Kilpisjärvellä vallinneisiin olosuhteisiin verrattuna. Vähäisempänä paantaminen tukkii rumpuja. Tällöinkin voidaan talvikuivatusta tehostamalla poistaa ongelmia. Pintaveden virtausta talvella voidaan vähentää salaojituksella ja talvirummuilla.

Voitaisiin harkita näiden periaatteiden liittämistä suunnitteluohjeiden tyyppiratkaisuihin.

#### 4.3. Jatkokehittäminen

Koerakenteiden seurantaa tulisi jatkaa. Rakenteet olivat hyvin dokumentoituja, ja niiltä saaduilla seurantatiedoilla voidaan arvioida rakenteiden ja materiaalien toimintaa ja pitkäaikaiskestävyyttä kylmässä ilmastossa.

Käsiteltyjen ongelmien ulkopuolelle jäi ainakin jäätyvän ja sulavan kaivuluis-kan stabiliteetin parantaminen. Lievänä ongelma ilmeni Jeähkkashissa pintaeroosion muodossa. Muualla Lapissa on ollut ongelmia korkeiden, tunturin kupeeseen kaivettujen leikkausluiskien eroosion ja vieremien vuoksi.

Arktisen tien problematiikka tunnetaan myös muualla kylmillä alueilla. Tämä luo mahdollisuuden hedelmälliseen kansainväliseen yhteistyöhön pohjoisilla alueilla esimerkiksi Pohjois-Venäjällä ja Kiinassa suunnittelutavan ja ratkaisujen kehittämiseksi paikallisiin ongelmiin.

### 5. KIRJALLISUUTTA

Bjalobzenskij G.V. 1983. Determination of snow cover thickness for snow accumulation design of pavements (in Russian). Avtomobilnye dorogi, 1983, No. 10.

Galuzin V.M. (ed.) 1980. Construction of streets in northern conditions (in Russian). Leningrad, Strojizdat. 133 p.

Gray D.M. & Male D.H. (ed.) 1981. Handbook on snow. Toronto, Oxford, New York, Sydney, Paris, Frankfurt, Pergamon press.

Tien kunnossapito. Helsinki, Tielaitos.

Kivikoski H. 1990. Ikiroudalle rakennetun tien korjaus valtatiellä 21 Peerasa.

Mitoitus, rakentaminen ja seuranta vv. 1987-88. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1030. 46 s. + liitt. 23 s.



- Kuusisto E. 1984. Snow accumulation and snowmelt in Finland. Helsinki, Vesien-tutkimuslaitoksen julkaisuja 55. 149 p.
- Lehtonen J. 1990. Paantamisen parantaminen valtatiellä 21 Haukijoella, Muotkatakassa, Saarikoskella ja Pitkärannassa. Rakentaminen ja seuranta vv. 1986 - 1988. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1218. 60 p.
- Lunardini V.J. 1978. Theory of n-factors and correlation of data. Proc. III Int. Conf. on Permafrost, Edmonton, Alberta, July 1978, Vol. 1, pp. 40 - 46.
- Norem H. 1975. Lokalisering och utforming av veger i drivsnoemråder. Oslo, Statens vegvesen, Veglaboratoriet, Meddelelse nr. 49. pp. 19-31.
- Perustusten routasuojaus. Helsinki 1997. VTT, Yhdyskuntatekniikka & Rakentajain Kustannus Oy. 95 s.
- Panneryhmän loppuraportti 1987. TVL:n Lapin piiri (ei julk.). 9 s.
- Saarelainen S. 1990 Routavaurioiden korjaus valtatiellä 21 Peerassa. Mitoitus, koerakentaminen ja seuranta vv. 1986 - 1988. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1102. 62 p. + liitt. 15 p.
- Saarelainen S. 1990. Routavaurioiden korjaus valtatiellä 21 Tullissa, Kilpisjärvellä. Mitoitus, koerakentaminen ja seuranta vv. 1987 - 1988. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1107. 54 p. + liitt. 52 p.
- Saarelainen S. 1993. Arktinen tienrakentaminen. Kilpisjärven hankkeen yhteenveto. Helsinki. Tielaitoksen tutkimuksia 5/1993. 62 s.
- Saarelainen S. 1993. Repair of a road built on permafrost at Kilpisjärvi, Northern Finland. Proc. VI Int. Conf. on Permafrost, Beijing, June 1993, Vol. 1. pp. 539 - 543.
- Saarelainen S. 1999. Tien sulaminen ja kevätkantavuus. TPPT, työraportti.
- Saarelainen, S. 2001. Routimiskertoimen määrittäminen. Tiehallinto, TPPT-menettelmäkuvaus 7. 17 s.
- Saarelainen, S. 2002. Routimiskertoimen määrittäminen. Tiehallinto, TPPT-menettelmäkuvaus 18. 49 s.
- Saarelainen, S. & Kivikoski, H. 1990 Kinostumisen torjunta tien tasauksen ja muotoilun avulla. Koerakentaminen valtatiellä 21 Jeähhkashissa. Espoo 1990. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1096. 36 s.
- Saarelainen S. & Kivikoski H. 1995. Preventing snow accumulation on road pavements. PIARC, Proc. of International Winter Road Conference, Luleå 1995.
- Saarelainen S. & Onninen H. 2000. Long term settlement of a road built on permafrost at Kilpisjärvi, Northern Finland. Norwegian Geotechnical Insti-



tute, Oslo 2000. Proc. International Workshop on Permafrost Engineering, Longyearbyen, Svalbard, Norway 18.-21.6.2000, ss. 129-138.

Seppälä M. 1982. An experimental study of the formation of palsas. Proc. IV Canadian Permafrost Conference, ed. H.M. French. National Research Council of Canada, Ottawa. s. 36-42.

Velli Ju. et al. (ed.) 1977. Ikiroudalle rakentamisen käsikirja (venäjänkielinen). Leningrad, Strojizdat. 551 p.

## 6. LIITTEET

LIITE 1. Koerakennekortit

LIITE 2. Pudotuspainokokeet 26.09.2001  
Tullin ja Peeran routasuojauskoerakenteet

Koerakennekortit

<b>TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti</b>								
<b>Kohteen nimi ja sijainti</b> Tullin routasuojauskoerakenne, vt 21, Kilpisjärvi							<b>Päivittäjä</b> SSa	<b>Pvm</b> 12.12.2001
<b>Piiri</b> L	<b>Tieluokka</b>	<b>Tienro</b> vt 21	<b>Kunta</b> Enontekiö	<b>Tien alkuosa</b> 237	<b>Etäisyys</b> 7062	<b>Tien loppuosa</b> 237	<b>Etäisyys</b> 7782	<b>Pituus[m]</b> 720
<b>Ajorata</b> 0	<b>Puoli</b> 9	<b>Kaista</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>			<b>Seuranta nro</b> 1	
<b>Alku pvm</b> 31.8.1987	<b>Kohteen teettäjä</b> tiepiiri	<b>Seurantakohteen päätyyppi</b> Päällysrakenne/materiaalit ja rakenteet		<b>Seurantakohteen alatyypit</b> Lämpöeriste				
<b>Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika)</b> 1.8.1987								
<b>Suunnittelija</b> VTT Geotekniikan laboratorio, Viatek Oy								
<b>Rakentaja</b> Lapin piiri								
<b>Tutkijat</b> VTT, Seppo Saarelainen, Harri Kivikoski Viatek Oy Jouko Lehtonen								
<b>Muut tahot</b> Tielaitos, keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola; Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä								
<b>Kohteen kuvaus</b>								
<b>Tutkimuksellinen tavoite</b> Selvittää tierakenteen routasuojauksen mitoitus, suunnittelua, rakenteita ja materiaaleja ankarissa sääoloissa Kohde kuului Arktinen tie-tutkimusohjelmaan.								
<b>Rakenne</b> Routasuojausmateriaalit: lievästi routiva moreeni, Mr+hydromatto, kevytsora, paaliturve, polyuretaani, polystyreeni (XPS), turvemaalaatikko, päällä kantavuusmitoitettu päällysrakenne								
<b>Instrumentointi</b> <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei								
<b>Instrumentoinnin kuvaus</b> Koeosuuksilla oli 2 mittauskaivoa kullakin (GW, painumalevyt, routaputki, lämpötilamittausprofiili); purettu 2000								
<b>Koekohteen seuranta</b>								
<b>Tehty seuranta</b>	seurattu ja seuranta jatkuu							
<b>Seurannan kuvaus ja organisointi</b>	Seuranta on tehty routavaaituksina, roudan syvyysmittauksina, näytteenottona ja kantavuusmittauksina Lapin piirin toimesta. Aktiivivaiheen jälkeen mittauksista on sovittu erikseen.							
<b>Analysointitapa</b>	yksittäiskohde							
<b>Viranomaisvelvoite</b>	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei							
<b>Rahoitus</b>	Tutkimukset w. 1985-90 Keskushallinto. Myöhemmät mittaukset Lapin piiri.							
<b>Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely</b>	Lapin piiri, VTT							
<b>Raportit</b>	VTT Tiedonanto 1107, 1990. Tielaitos, Tutkimuksia 5, 1993. Seurantaraportti 2001.							
<b>Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus</b>								
<b>Lisätiedot</b>								



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti								
Kohteen nimi ja sijainti Peeran routasuojauskoerakenne, vt. 21, Kilpisjärvi						Päivittäjä Ssa	Pvm 14.1.2002	
Piiri L	Tieluokka	Tienro vt 21	Kunta Enontekiö	Tien alkuosa 233	Etäisyys 358	Tien loppuosa 233	Etäisyys 738	Pituus[m] 380
Ajorata 0	Puoli 9	Kaista	X		Y		Seuranta nro 1	
Alku pvm 1.8.1987	Kohteen teettäjä Lapin tiepiiri	Seurantakohteen päätyyppi Päällysrakenne/materiaalit ja rakenteet			Seurantakohteen alatyypit Lämpöeriste			
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika) Rakentaminen 1986, päällyste 8/87								
Suunnittelija Viatek Oy, VTT/Geotekniikan laboratorio								
Rakentaja Lapin tiepiiri								
Tutkijat Seppo Saarelainen, Harri Kivikoski (VTT), Jouko Lehtonen (Viatek Oy)								
Muut tahot Tielaitos, keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola; Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä								
Kohteen kuvaus								
Tutkimuksellinen tavoite Tierakenteen mitoitus routanousun mukaan; moreenin ja soran käyttö tierakenteen routasuojauksessa. Kohde kuului Arktinen tie-tutkimusohjelmaan.								
Rakenne Routasuojausmateriaalit: sora ja paikallinen moreeni, päällä kantavuusmitoitettu päällysrakenne. 3 koeosuutta (mr-rakenne, sr-rakenne, sr/mr-rakenne).								
Instrumentointi <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei								
Instrumentoinnin kuvaus 2 mittauskaivoa kullakin rakenteella; poistettu uudelleenpäällystyksen yhteydessä.								
Koekohteen seuranta								
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu						
Seurannan kuvaus ja organisointi		Roudan syvyys, routanousu kaivoittain 1987-89, routanousuväitukset, kantavuusmittaukset. Mittaukset teki Lapin tiepiiri						
Analysointitapa		yksittäiskohde						
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei						
Rahoitus		Tutkimukset 1985-90 Keskushallinto, myöhemmät mittaukset Lapin tiepiiri						
Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely		Lapin tiepiiri, VTT						
Raportit		VTT Tiedotteita 1107/1990, Tielaitoksen tutkimuksia 5/1993, Seurantaraportti 2002.						
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus								
Lisätiedot								



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti									
Kohteen nimi ja sijainti Peeran palsarakenne, vt 21, Kilpisjärvi							Paivittäjä Ssa	Pvm 14.1.2002	
Piiri L	Tieluokka VT	Tienro 21	Kunta Enontekiö	Tien alkuosa 233	Etäisyys 1018	Tien loppuosa 233	Etäisyys 1258	Pituus[m] 240	
Ajorata 0	Puoli 9	Kaista	X	Y	Seuranta nro 1				
Alku pvm 24.9.1987	Kohteen teettäjä Lapin tiepiiri	Seurantakohteen päätyyppi Päälysrakenne/materiaalit ja rakenteet			Seurantakohteen alatyypit Lämpöeriste				
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika)									1987
Suunnittelija Viatek Oy, VTT Geotekniikan laboratorio									
Rakentaja Lapin tiepiiri									
Tutkijat VTT/Seppo Saarelainen, Harri Kivikoski, Viatek Oy/Jouko Lehtonen									
Muut tahot Keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola, Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä									
Kohteen kuvaus									
Tutkimuksellinen tavoite Lämpöeristämisen vaikutus tierakenteen sulamispainumaan ikeroudalla.									
Rakenne Lämpöeriste 100 mm XPS, alla Sr>0,5 m, päällä päälysrakenne 0,6 m									
Instrumentointi <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei									
Instrumentoinnin kuvaus 2 mittauskaivoa, joissa lämpötilaprofiili ja routaputki.									
Koekohteen seuranta									
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu							
Seurannan kuvaus ja organisointi		Mittauskaivoissa mitattu lämpötilaprofiilia ja roudan syvyyttä 1987-89 Vaahtu pinnan painumista 1987-1999 Lapin tiepiirin toimesta							
Analysointitapa		yksittäiskohde							
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei							
Rahoitus		1985-90 Keskushallinto, myöhemmin Lapin tiepiiri							
Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely		Lapin tiepiiri, VTT							
Raportit		VTT Tiedotteita 1030/1990, Tielaitos, Tutkimuksia 5/1993, Seurantaraportti 2002							
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus									
Lisätiedot									



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti								
Kohteen nimi ja sijainti Jeäkkashin kinostumiskohde, VT 21, Kilpisjärvi						Päivittäjä Ssa	Pvm 14.1.2002	
Piiri L	Tieluokka Vt	Tienro 21	Kunta Enontekiö	Tien alkusa 238	Etäisyys 2080	Tien loppusa 238	Etäisyys 3260	Pituus[m] 1180
Ajorata 0	Puoli g	Kaista	X	Y			Seuranta nro 1	
Alku pvm 1987	Kohteen teettaja Lapin tiepiiri	Seurantakohteen päätyyppi Muut koerakenteet			Seurantakohteen alatyypit Muu			
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika) 1987								
Suunnittelija VTT/Geotekniikan laboratorio, Viatek Oy								
Rakentaja Lapin tiepiiri								
Tutkijat VTT/Seppo Saarelainen, Harri Kivikoski, Viatek Oy/Jouko Lehtonen								
Muut tahot Keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola, Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä								
Kohteen kuvaus								
Tutkimuksellinen tavoite Kintumisen vähentäminen tien tasauksen ja poikkileikkauksen muotoiluun avulla								
Rakenne Tien tasauksen korotus vallitsevan lumenpinnan yläpuolelle, luiskien muotoilu ja loiventaminen								
Instrumentointi <input type="checkbox"/> on <input checked="" type="checkbox"/> ei								
Instrumentoinnin kuvaus Mittatikut tielinjan ulkopuolella								
Koekohteen seuranta								
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu						
Seurannan kuvaus ja organisointi		Lumen paksuutta mitattiin tielinjan ulkopuolella mittalinjalla. Tehtiin 1990- luvulla määrauslähtötilastointia.						
Analysointitapa		yksittäiskohde						
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei						
Rahoitus		1985-90 keskushallinto, myöhemmin Lapin tiepiiri						
Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely		Lapin tiepiiri, VTT						
Raportit		VTT Tiedotteita 1096/1990, Tielaitoksen tutkimuksia 3/1993, seurantaraportti 2002						
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus								
Lisätiedot								



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti								
Kohteen nimi ja sijainti Muotkatkan paannerakenne, Vt 21, Kilpisjärvi							Päivittäjä Ssa	Pvm 14.1.2002
Piiri L	Tieluokka Vt	Tienro 21	Kunta Enontekiö	Tien alkuosa 234	Etäisyys 2243	Tien loppuosa 234	Etäisyys 2443	Pituus[m] 200 m
Ajorata 0	Puoli 1	Kaista	X			Y		Seuranta nro 1
Alku pvm 1987	Kohteen teettaja Lapin tiepiiri	Seurantakohteen päätyyppi Muut koerakenteet			Seurantakohteen alatyypit Muu			
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika) 1987								
Suunnittelija VTT Geotekniikan laboratorio, Viatek Oy								
Rakentaja Lapin tiepiiri								
Tutkijat VTT/Seppo Saarelainen, Viatek Oy/Jouko Lehtonen								
Muut tahot Keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola, Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä								
Kohteen kuvaus								
Tutkimuksellinen tavoite Syvän salaojituksen soveltuvuus sivuojapaanteen poistamiseen								
Rakenne Salaojat ylärinteen puoleisessa maastossa roudattomassa syvyydessä; roudaton rumpu tien poikki								
Instrumentointi <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei								
Instrumentoinnin kuvaus sivuojan paantamismittaukset paanetikuilla								
Koekohteen seuranta								
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu						
Seurannan kuvaus ja organisointi		Salaojien toiminta salaojakaivosta. Paanteen kasvun mittaukset 1988 sivuojassa. Mittaukset teki Lapin tiepiiri						
Analysointitapa		yksittäiskohde						
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei						
Rahoitus		1985-90 Keskushallinto, myöhemmin Lapin tiepiiri						
Mittaustietojen säilytys ja jatkokesittely		Lapin tiepiiri, VTT						
Raportit		VTT Tiedotteita 1218/1990, Tielaitoksen julkaisuja 5/1993, Seurantaraportti 2002						
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus								
Lisätiedot								



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti								
Kohteen nimi ja sijainti Haukijoen paannekohde, Vt 21, Kilpisjärvi						Päivittäjä Ssa	Pvm 14.1.2002	
Piiri L	Tieluokka Vt	Tienro 21	Kunta Enontekiö	Tien alkusa 234	Etäisyys 143	Tien loppusa 234	Etäisyys 343	Pituus[m] 200
Ajorata 0	Puoli 2	Kaista	X			Y		Seuranta nro 1
Alku pvm 1987	Kohteen teettaja Lapin tiepiiri	Seurantakohteen päätyyppi Muut koerakenteet			Seurantakohteen alatyypit Muu			
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika) 1987								
Suunnittelija VTT Geotekniikan laboratorio, Viatek Oy								
Rakentaja Lapin tiepiiri								
Tutkijat VTT/Seppo Saarelainen, Viatek Oy/Jouko Lehtonen								
Muut tahot Keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola, Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä								
Kohteen kuvaus								
Tutkimuksellinen tavoite Vesiuoman virtaaman ohjaaminen sulana tielinjan poikki								
Rakenne Yläallas, säännöstelykaivo, talviviemäri tien poikki								
Instrumentointi <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei								
Instrumentoinnin kuvaus Virtaamamittaukset kolmiopadolla, lämpötilamittaukset								
Koekohteen seuranta								
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu						
Seurannan kuvaus ja organisointi		talvivirtaamaa mitattiin viemäriin kuuluvassa säännöstelykaivossa kolmiopadolla talvella 1987-88. Lämpötiloja mitattiin em. Kaivossa samoin						
Analysointitapa		yksittäiskohde						
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei						
Rahoitus		Keskushallinto 1985-90, myöhemmin Lapin tiepiiri						
Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely		Lapin tiepiiri, VTT						
Raportit		VTT Tiedotteita 1218/1990, Tielaitos, tutkimuksia 5/1993, Seurantaraportti 2002						
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus								
Lisätiedot								



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti								
Kohteen nimi ja sijainti Pitkärannan paannekohde, Vt 21, Kilpisjärvi							Paivittaja Ssa	Pvm 14.1.2002
Piiri L	Tieluokka Vt	Tienro 21	Kunta Enontekiö	Tien alkuosa 227	Etäisyys 8118	Tien loppuosa 227	Etäisyys 8218	Pituus[m] 100
Ajorata 0	Puoli 2	Kaista	X	Y	Seuranta nro 1			
Alku pvm 1987	Kohteen teettaja Lapin tiepiiri	Seurantakohteen päätyyppi Muut koerakenteet			Seurantakohteen alatyypit Muu			
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika) 1987								
Suunnittelija VTT Geotekniikan laboratorio, Viatek Oy								
Rakentaja Lapin tiepiiri								
Tutkijat VTT/Seppo Saarelainen, Viatek Oy/Jouko Lehtonen								
Muut tahot Keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola, Lapin tiepiiri, Timo Heikkilä								
Kohteen kuvaus								
Tutkimuksellinen tavoite Uoman virtauksen johtaminen tien poikki roudattomassa rummussa								
Rakenne salaoja uoman pohjassa, virtauksen johtaminen roudattomassa viemäriputksessa tien poikki								
Instrumentointi <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei								
Instrumentoinnin kuvaus Lämpötilamittaukset, Paannetikut								
Koekohteen seuranta								
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu						
Seurannan kuvaus ja organisointi		Mitattiin virtaavan veden lämpötilaa rummussa, sekä roudan syvyyttä tierummussa. Paanteen paksuuden kehittymistä mitattiin paannetikuilla.						
Analysointitapa		yksittäiskohde						
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei						
Rahoitus		Keskushallinto 1985-90, myöhemmin Lapin tiepiiri						
Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely		Lapin tiepiiri, VTT						
Raportit		VTT Tiedotteita 1218/1990, Tielaitoksen tutkimuksia 5/1993, Seurantaraportti 2002						
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus								
Lisätiedot								



TIEHALLINTO: Koerakenteiden perustietokortti								
Kohteen nimi ja sijainti Lammaskosken paannekohde, Vt 21, Kilpisjärvi						Päivittäjä Ssa	Pvm 14.1.2002	
Piiri L	Tieluokka Vt	Tienro 21	Kunta Enontekiö	Tien alkusa 229	Etäisyys 6317	Tien loppusa 229	Etäisyys 6517	Pituus[m] 200
Ajorata 0	Puoli 2	Kaista	X			Y		Seuranta nro 1
Alku pvm 1987	Kohteen teettaja Lapin tiepiiri		Seurantakohteen päätyyppi Muut koerakenteet			Seurantakohteen alatyypit Muu		
Rakentamisaika (tai seurantaan ottoaika)								
1987								
Suunnittelija VTT Geotekniikan laboratorio, Viatek Oy								
Rakentaja Lapin tiepiiri								
Tutkijat VTT/Seppo Saarelainen, Viatek Oy/Jouko Lehtonen								
Muut tahot Keskushallinto/Lars Björkstén, Martti Eerola, Lapin tiepiiri/Timo Heikkilä								
Kohteen kuvaus								
Tutkimuksellinen tavoite Sivuojapaanteen poistaminen ylärinteessä olevan salaojan ja roudattoman rummun avulla								
Rakenne Tien suuntainen salaoja (putki tai hydromatto), keruukaivo, syvä viemäriputki tien poikki, tierumpu (pintarumpu)								
Instrumentointi <input checked="" type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei								
Instrumentoinnin kuvaus Paannetikut								
Koekohteen seuranta								
Tehty seuranta		seurattu, mutta seuranta lopetettu						
Seurannan kuvaus ja organisointi		Mitattiin paanteen kasvua sivuojassa 1987-88, virtausseuranta kaivoista ja rummuista						
Analysointitapa		yksittäiskohde						
Viranomaisvelvoite		<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei						
Rahoitus		keskushallinto 1985.90, muöhemmin Lapin tiepiiri						
Mittaustietojen säilytys ja jatkokäsittely		Lapin tiepiiri, VTT						
Raportit		VTT Tiedotteita 1218/1990, Tielaitoksen julkaisuja 3/1993, Seurantaraportti 2002						
Rakentajan, suunn. tai tilaajan ehdotus								
Lisätiedot								



## Pudotuspainokokeet 26.09.2001

### Tullin Routasuojauskoerakenteet

```

IKUMB FWD FILE : tull1.001
HTIEPIIRIN NO : 14
HPIIVA (PPKKVV) : 260901
HLAITE & MITTAAJA : 141 741
HTIEN NO : 21
HAJORATA 0,1 TAI 2: 0
HALKUP. TIEUSAN NO: 0
HET.TIEOS ALUSTA : 0
HLOPPUP.TIEOSAN NO:
HET.TIEOS ALUSTA :
HENS.MITTAUSPISTE : 5000
HROISSON (0.5) : 0.5
HPROJEKTI : 86131400
HTIEN NIMI : vt 21
HTIEMESTARIPILMI : muonio
HHANK. ALKUPAALU : 5000
HHANK. LOPPUPAALU : 6000
HET.TIEN REUNASTA : 1.2
HKANTAVA KRS PAKS :
HJAKAVA KRS PAKS :
HSUODATINKRS PAKS :

IPäiväys : 26.9.2001
IKuormitustapa : 1 (2+2 buffers)
Ilevyn säde : 15 (cm)
ITallennepohja : TIELAITOS 2001
IPudotuskorkeus : 44
IMitataanko isku : 11
ITallennetaaneko? : NY
IPudotuskorkeus : 1 2 3 4
IKuormitus : 1500 2750 4000 5000 kgf
ISEismometrin nro : 0 1 2 3 4 5
I '' etäisyys : 0.0 20.0 30.0 45.0 60.0 90.0 120
.0 (cm)
I '' sijainti : Takana Keskellä Keskellä Keskellä Keskellä Kes
kellä Keskellä

IAlkupiste : 0 m
IPisteväli : 20 m

J Paalu Isk Kuorm D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 Ilma Pint E
J Pis Klo m Num kgf µm µm µm µm µm µm µm °C °C M
J te tt:mm:ss -----
J-----
D 5000 2 5000 356 240 164 99 69 38 26 2 4
447 0 9:09:47
D 5020 2 5000 411 275 144 120 83 48 32 2 4
387 2 9:10:54

D 5040 2 5000 448 317 229 159 115 68 46 3 4
355 3 9:12:10
D 5060 2 5000 462 347 279 205 156 103 75 3 5
345 4 9:13:38
D 5080 2 5000 443 317 224 154 113 71 47 3 4
359 5 9:14:42
D 5100 2 5000 468 316 209 169 125 79 55 3 4
340 6 9:15:41
D 5120 2 5000 453 314 225 156 118 74 51 3 4
352 7 9:16:39
D 5140 2 5000 535 389 293 210 161 106 75 4 4
297 8 9:17:40
D 5160 2 5000 512 366 265 201 155 103 75 3 4
311 9 9:18:46
D 5180 2 5000 527 379 278 208 160 106 75 3 4
302 10 9:19:50
D 5200 2 5000 520 378 278 205 158 107 78 3 4
306 11 9:20:52
D 5220 2 5000 472 325 216 173 135 95 69 3 4
337 12 9:21:46
D 5240 2 5000 461 332 221 177 138 95 70 3 4
346 13 9:22:44
D 5260 2 5000 470 322 211 150 112 75 53 4 4
339 14 9:23:35
D 5280 2 5000 580 411 285 206 153 101 72 4 4
274 15 9:24:36
D 5300 2 5000 586 431 301 225 169 109 78 3 3
272 16 9:25:25
D 5320 2 5000 498 351 249 184 144 98 72 3 4
320 17 9:29:03
D 5340 2 5000 568 420 301 219 170 112 81 4 4
280 18 9:29:56
D 5360 2 5000 980 826 630 579 487 356 271 3 4
162 19 9:30:45
D 5380 2 5000 1213 1037 787 736 610 443 328 3 4
131 20 9:32:06
D 5400 2 5000 1368 1195 981 846 716 505 369 4 4
116 21 9:32:58
D 5420 2 5000 1584 1347 1118 946 777 527 367 3 4
100 22 9:34:02
D 5440 2 5000 1231 1016 841 715 597 429 317 4 3
129 23 9:34:50
D 5460 2 5000 1085 881 657 577 461 304 209 4 3
147 24 9:35:44
D 5480 2 5000 1029 800 636 480 372 226 148 3 3
155 25 9:36:42
D 5500 2 5000 1027 806 651 511 403 262 182 3 3
155 26 9:37:42
D 5520 2 5000 688 513 380 268 195 107 69 4 3
231 27 9:38:29
D 5540 2 5000 649 476 359 258 190 113 72 4 3

```

245	28	9:39:22																	
D	5560	2	5000	644	467	363	258	192	122	85	4	3							
247	29	9:40:12																	
D	5580	2	5000	567	425	310	224	167	98	61	4	3							
281	30	9:41:03																	
D	5600	2	5000	570	418	280	226	172	110	76	4	4							
279	31	9:41:50																	
D	5620	2	5000	604	478	368	334	284	231	188	4	4							
263	32	9:42:40																	
D	5640	2	5000	655	509	371	350	300	239	196	4	4							
243	33	9:43:50																	
D	5660	2	5000	633	505	429	357	307	251	207	4	4							
252	34	9:44:40																	
D	5680	2	5000	622	486	415	343	293	238	196	4	4							
256	35	9:45:32																	
D	5700	2	5000	656	520	439	359	303	235	186	4	4							
242	36	9:46:22																	
D	5720	2	5000	570	432	350	275	230	174	132	4	4							
279	37	9:47:19																	
D	5740	2	5000	498	390	326	247	202	152	116	4	5							
320	38	9:48:16																	
D	5760	2	5000	600	469	393	305	248	190	151	4	4							
265	39	9:49:06																	
D	5780	2	5000	411	295	222	148	107	70	49	4	4							
387	40	9:49:57																	
D	5800	2	5000	341	222	150	85	53	27	14	4	5							
467	41	9:50:54																	
D	5820	2	5000	385	252	179	115	83	55	38	4	5							
413	42	9:51:49																	
D	5840	2	5000	383	258	181	117	83	53	39	4	5							
416	43	9:52:45																	
D	5860	2	5000	410	271	192	122	83	50	32	4	4							
388	44	9:53:38																	
D	5880	2	5000	377	259	187	117	80	50	34	4	4							
423	45	9:54:31																	
D	5900	2	5000	379	262	183	110	74	47	34	4	4							
420	46	9:55:22																	
D	5920	2	5000	381	262	185	112	75	48	34	4	4							
417	47	9:56:18																	
D	5940	2	5000	366	254	180	114	79	50	36	5	5							
434	48	9:57:15																	
D	5960	2	5000	370	258	182	118	85	54	36	5	5							
430	49	9:58:07																	
D	5980	2	5000	359	249	177	117	83	52	35	5	5							
444	50	9:59:02																	
D	6000	2	5000	357	251	175	115	80	49	33	4	4							
445	51	9:59:52																	
D	6000	2	5000	379	265	190	117	76	45	30	3	4							
420	52	10:04:12																	
D	5980	2	5000	420	300	214	139	98	60	40	3	4							
379	53	10:05:06																	
D	5960	2	5000	403	289	208	137	97	58	38	3	4							
395	54	10:05:57																	
D	5940	2	5000	396	264	182	111	74	46	32	3	5							
401	55	10:06:50																	
D	5920	2	5000	365	250	178	115	81	53	39	3	5							
437	56	10:07:40																	
D	5900	2	5000	383	265	192	122	82	52	37	3	4							
416	57	10:08:33																	
D	5880	2	5000	378	267	191	124	90	56	40	3	5							
421	58	10:09:30																	
D	5860	2	5000	414	296	214	143	103	65	45	3	4							
384	59	10:10:29																	
D	5840	2	5000	381	277	205	140	105	74	57	3	5							
418	60	10:11:19																	
D	5820	2	5000	435	318	242	168	124	80	55	3	5							
366	61	10:12:12																	
D	5800	2	5000	345	231	165	98	63	33	17	3	4							
461	62	10:13:06																	
D	5780	2	5000	475	347	265	183	132	80	50	3	4							
335	63	10:14:03																	
D	5760	2	5000	731	570	466	352	281	206	154	3	5							
218	64	10:24:37																	
D	5740	2	5000	550	446	372	292	235	172	127	3	5							
290	65	10:35:22																	
D	5720	2	5000	578	450	368	296	243	181	133	3	5							
275	66	10:36:14																	
D	5700	2	5000	723	561	470	383	322	250	196	4	5							
220	67	10:37:06																	
D	5680	2	5000	693	545	460	389	328	259	204	4	4							
230	68	10:37:56																	
D	5660	2	5000	689	546	455	382	327	264	217	4	5							
231	69	10:38:45																	
D	5640	2	5000	638	430	351	290	244	198	162	3	4							
250	70	10:39:35																	
D	5620	2	5000	591	488	409	346	296	241	197	3	5							
269	71	10:40:27																	
D	5600	2	5000	581	426	316	237	181	117	82	4	4							
274	72	10:41:22																	
D	5580	2	5000	551	417	315	240	186	123	85	4	4							
289	73	10:42:13																	
D	5560	2	5000	609	444	335	251	193	127	91	3	4							
261	74	10:43:06																	
D	5540	2	5000	686	495	370	268	192	112	70	4	4							
232	75	10:43:59																	
D	5520	2	5000	702	515	375	267	195	116	74	4	4							
227	76	10:44:51																	
D	5500	2	5000	834	686	540	443	355	235	158	4	4							
191	77	10:45:45																	
D	5480	2	5000	917	750	589	461	368	236	158	4	4							
174	78	10:46:35																	
D	5460	2	5000	1035	840	649	539	435	289	203	3	4							



Pudotuspainokokeet 26.09.2001

## Peeran routasuojauskoerakenteet

```

KUNNAN KASVU TILIN : 1 peeraavu
RTIEPIIRIN NO : 14
HAIJA (PERKKU) : 200001
HLAITE & MITTAAJA : 141 741
RIEN NO :
HAJORATA 0,1 TAI 2: 0
HAKUF. TILOSAN NO: 0
HET.TILOS ALUSTA : 0
HUOPUF.TILOSAN NO:
HET.TILOS ALUSTA : 30100
RENS.MITTAUSPISIE : 30100
RPOISSON (0.5) : 0.5
HROJEXTI : 86131400
HTIEN NIMI : vt 21
HTIEMESTARIPIIRI : muonio
RHANK. ALKUPAALU : 30100
RHANK. LOPPUPAALU : 31100
HET.TIEN REUNASTA : 1,2
HKANTAVA KRS PAKS :
HJAKAVA KRS PAKS :
HSUODATINKRS PAKS :

IPAiväys : 25.9.2001
IKuormitustapa : 1 (2+2 buffers)
ILEvyn säde : 15 (cm)
ITallennepohja : TIELAITOS 2001
IPudotuskorkeus : 44
IMitataanko isku : 11
ITallennetaanko? : NY
IPudotuskorkeus : 1 2 3 4
IKuormitus : 1500 2750 4000 5000 kgf
ISEismometrin nro : 0 1 2 3 4 5
6
I '' etäisyys : 0.0 20.0 30.0 45.0 60.0 90.0 120
.O (cm)
I '' sijainti : Takana Kesellä Kesellä Kesellä Kesellä Kes
kellä Kesellä
IALkupiste : 0 m
IPisteväli : 20 m

J Paalu Isk Kuorm D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 Ilma Pint E
Z Pis Klo
M Num kgf µm µm µm µm µm µm eC øC M
Pa le tti:miss
-----
D 30100 2 5000 441 298 219 150 111 70 47 7 11
361 1 14:40:15
D 30120 2 5000 364 239 167 108 75 45 31 6 12
438 2 14:41:27

```

D	30140	2	5000	339	220	157	109	82	57	43	6	12
D	470	3	14:42:30									
D	30160	2	5000	386	247	172	115	85	58	44	6	12
D	412	4	14:43:50									
D	30180	2	5000	425	280	197	130	95	61	44	6	12
D	374	5	14:44:47									
D	30200	2	5000	673	292	202	138	106	74	56	6	12
D	236	6	14:45:45									
D	30220	2	5000	725	551	439	327	256	163	109	6	12
D	220	7	14:46:42									
D	30240	2	5000	798	604	483	372	296	206	146	6	13
D	200	8	14:47:44									
D	30260	2	5000	901	682	546	405	301	172	110	6	13
D	177	9	14:48:48									
D	30280	2	5000	923	704	575	435	341	221	157	6	13
D	172	10	14:49:43									
D	30300	2	5000	1090	840	665	473	363	230	159	6	13
D	146	11	14:50:41									
D	30320	2	5000	1092	829	644	449	330	201	135	6	12
D	146	12	14:51:38									
D	30340	2	5000	1019	816	684	537	439	308	229	6	13
D	156	13	14:52:37									
D	30360	2	5000	845	625	489	362	278	176	121	6	12
D	188	14	14:53:30									
D	30380	2	5000	1138	866	702	537	420	277	190	6	12
D	140	15	14:54:20									
D	30400	2	5000	878	665	530	386	300	202	148	4	9
D	181	1	15:09:53									
D	30420	2	5000	843	647	521	403	328	230	171	4	9
D	189	2	15:10:46									
D	30440	2	5000	770	579	447	310	234	149	105	4	8
D	207	3	15:11:43									
D	30460	2	5000	620	432	306	200	143	98	75	4	9
D	257	4	15:12:37									
D	30480	2	5000	532	357	249	160	114	74	53	5	8
D	299	5	15:13:31									
D	30500	2	5000	506	340	238	157	115	80	60	4	8
D	314	6	15:14:23									
D	30520	2	5000	524	354	253	167	124	86	66	5	9
D	304	7	15:15:17									
D	30540	2	5000	543	367	265	180	132	89	68	4	9
D	293	8	15:16:18									
D	30560	2	5000	545	375	270	181	131	88	65	5	9
D	292	9	15:17:16									
D	30580	2	5000	528	366	270	189	145	109	89	4	9
D	301	10	15:18:12									
D	30600	2	5000	503	349	258	188	148	116	96	5	9
D	316	11	15:19:04									
D	30620	2	5000	518	354	247	160	110	65	47	4	8
D	307	12	15:20:00									
D	30640	2	5000	529	368	266	182	135	95	75	4	8
D	301	13	15:20:56									
D	30660	2	5000	534	352	255	177	135	93	71	5	8
D	298	14	15:21:45									
D	30680	2	5000	555	376	279	191	142	93	70	4	8
D	287	15	15:22:41									
D	30700	2	5000	587	421	301	200	142	95	71	4	8
D	271	16	15:23:39									
D	30720	2	5000	538	361	251	162	116	74	51	4	8
D	296	17	15:24:42									
D	30740	2	5000	524	364	261	172	123	77	53	4	8
D	304	18	15:25:38									
D	30760	2	5000	580	392	282	182	129	80	53	4	8
D	274	19	15:26:28									
D	30780	2	5000	534	364	265	178	126	78	55	4	8
D	298	20	15:27:21									
D	30800	2	5000	525	357	257	174	131	88	66	4	8
D	303	21	15:28:13									
D	30820	2	5000	545	358	255	168	121	76	54	4	8
D	292	22	15:29:06									
D	30840	2	5000	593	420	312	211	154	101	69	4	8
D	268	23	15:30:00									
D	30860	2	5000	462	318	224	148	103	64	42	4	8
D	345	24	15:30:53									
D	30880	2	5000	517	349	241	154	106	62	40	4	8
D	308	25	15:31:55									
D	30900	2	5000	534	369	260	166	114	62	39	5	8
D	298	26	15:32:47									
D	30920	2	5000	529	351	244	153	103	59	37	5	8
D	301	27	15:33:42									
D	30940	2	5000	451	307	213	132	91	54	37	5	8
D	353	28	15:34:35									
D	30960	2	5000	544	351	243	158	115	74	55	4	8
D	293	29	15:35:42									
D	30980	2	5000	491	322	231	148	106	69	50	4	8
D	324	30	15:36:35									
D	31000	2	5000	522	357	252	159	110	65	48	4	8
D	305	31	15:37:31									
D	31020	2	5000	510	360	241	153	107	70	51	5	8
D	312	32	15:38:28									
D	31040	2	5000	457	313	224	150	110	72	51	4	8
D	348	33	15:39:25									
D	31060	2	5000	488	345	257	171	123	76	52	5	9
D	326	34	15:40:24									
D	31080	2	5000	500	334	236	154	109	71	49	4	8
D	318	35	15:41:17									
D	31100	2	5000	475	312	217	140	100	62	43	5	8
D	335	36	15:42:10									
D	31100	2	5000	441	286	196	122	82	48	35	5	8
D	361	37	15:45:57									
D	31080	2	5000	422	287	212	145	103	62	44	5	8
D	377	38	15:47:06									

Seuranta- ja loppuraportti  
LIITTEET

LIITE 2.5(5)

D 31060 2 5000 506 346 248 167 120 73 49 5 8  
314 39 15:48:14  
D 31040 2 5000 490 334 240 161 115 72 49 5 8  
325 40 15:49:07  
D 31020 2 5000 527 347 238 157 112 74 51 5 8  
302 41 15:50:07  
D 31000 2 5000 495 331 233 153 108 66 47 5 8  
321 42 15:51:03  
D 30980 2 5000 466 320 227 148 103 64 46 5 8  
341 43 15:52:08  
D 30960 2 5000 486 327 232 157 111 69 47 5 8  
328 44 15:53:03  
D 30940 2 5000 571 407 299 190 123 63 38 5 8  
279 45 15:53:56  
D 30920 2 5000 432 273 180 107 71 42 29 5 8  
369 46 15:54:47  
D 30900 2 5000 448 288 195 123 84 49 34 5 8  
355 47 15:55:44  
D 30880 2 5000 461 315 224 148 104 64 45 5 8  
345 48 15:56:40  
D 30860 2 5000 506 336 239 154 104 61 40 6 8  
314 49 15:57:44  
D 30840 2 5000 475 332 242 174 130 91 67 5 8  
335 50 15:58:41  
D 30820 2 5000 497 346 263 191 145 96 64 5 8  
320 51 15:59:29  
D 30800 2 5000 538 379 280 191 142 94 68 6 8  
296 52 16:00:28  
D 30780 2 5000 532 361 256 168 122 77 56 6 8  
299 53 16:01:22  
D 30760 2 5000 469 316 231 161 119 77 55 6 8  
340 54 16:02:19  
D 30740 2 5000 513 356 257 174 124 78 53 6 8  
310 55 16:03:16  
D 30720 2 5000 514 351 250 167 120 76 53 6 8  
310 56 16:04:11  
D 30700 2 5000 515 362 258 183 136 95 72 6 8  
309 57 16:05:11  
D 30680 2 5000 514 335 239 164 119 82 61 6 8  
310 58 16:06:00  
D 30660 2 5000 527 366 270 187 140 94 68 6 8  
302 59 16:06:52  
D 30640 2 5000 487 330 234 165 128 98 77 6 8  
327 60 16:07:43  
D 30620 2 5000 501 335 252 179 138 98 78 6 8  
318 61 16:08:39  
D 30600 2 5000 525 372 281 209 166 125 101 6 8  
303 62 16:09:35  
D 30580 2 5000 543 373 274 193 151 119 97 6 8  
293 63 16:10:28  
D 30560 2 5000 544 370 264 175 130 90 70 6 8

292 64 16:11:19  
D 30540 2 5000 522 354 261 183 139 96 71 5 8  
305 65 16:12:11  
D 30520 2 5000 536 360 257 182 136 94 70 5 8  
297 66 16:13:02  
D 30500 2 5000 549 371 261 171 125 84 63 5 8  
290 67 16:13:54  
D 30479 2 5000 523 342 245 157 107 65 44 5 8  
304 68 16:14:51  
D 30460 2 5000 561 383 278 183 134 92 68 5 8  
284 69 16:15:43  
D 30440 2 5000 659 485 378 279 216 145 101 5 8  
241 70 16:16:37  
D 30420 2 5000 754 570 446 334 269 187 131 5 8  
211 71 16:17:29  
D 30400 2 5000 755 593 494 393 322 222 165 5 8  
211 72 16:18:27  
D 30380 2 5000 880 675 544 417 335 242 184 5 8  
181 73 16:19:30  
D 30360 2 5000 736 543 429 332 271 200 149 5 8  
216 74 16:20:25  
D 30340 2 5000 1169 897 703 522 403 274 195 5 8  
136 75 16:21:20  
D 30320 2 5000 1342 796 612 460 373 289 223 5 8  
119 76 16:22:10  
D 30300 2 5000 896 697 559 425 331 213 144 5 8  
178 77 16:23:09  
D 30280 2 5000 1313 1017 786 572 440 282 195 5 8  
121 78 16:23:59  
D 30260 2 5000 875 653 513 399 329 242 182 5 8  
182 79 16:24:57  
D 30240 2 5000 600 403 306 242 203 161 133 5 8  
265 80 16:25:49  
D 30220 2 5000 763 563 432 326 251 162 112 5 8  
209 81 16:26:43  
D 30200 2 5000 435 283 193 130 95 65 47 5 8  
366 82 16:27:36  
D 30180 2 5000 454 287 189 122 90 57 41 5 8  
350 83 16:28:26  
D 30160 2 5000 465 300 206 133 92 59 41 5 8  
342 84 16:29:19  
D 30140 2 5000 446 285 194 120 83 51 35 5 8  
357 85 16:30:15  
D 30120 2 5000 464 301 208 131 87 51 35 5 8  
343 86 16:31:05  
D 30100 2 5000 563 392 280 170 110 57 33 5 9  
283 87 16:32:00  
BK2 80,70,60,50,40: 70  
BPAALLYSTE (NIMI) : 20  
BPAALL. PAKSUUS cm: 5  
BASF. KRS LKM O,1,: 0

BASFALT. IKA 0,1,2: 0  
BAURIN/PILVIN A/P : a



